



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto
añadiendo nanosílice en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$,
Lima 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Valenzuela Martínez, Luis Anderson ([ORCID: 0000-0002-8611-1945](https://orcid.org/0000-0002-8611-1945))

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario Carlos Danilo ([ORCID: 0000-0002-0655-523X](https://orcid.org/0000-0002-0655-523X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicado a mis padres, que supieron cómo llevarme por el camino correcto, forjándome a ser lo que soy, tanto como persona y profesionalmente.

A mis abuelos Guillermo y Eulogia, que ahora se encuentran en el cielo, sus incontables consejos hicieron que vea la vida de una manera diferente.

Por ello, esto se lo debo a ustedes que siempre me motivaron para cumplir con mis sueños y anhelos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres y a mi asesor que gracias a ellos pude realizar esta investigación.

Carátula	
Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III.METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. Resultados	24
V. Discusión.....	59
VI. Conclusiones.....	64
VII. Recomendaciones.....	66
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Muestra de probetas cilíndricas (ensayo a compresión).....	20
Tabla N°2: Muestra de vigas prismáticas (ensayo a flexión).....	20
Tabla N°3: Tecnicas e instrumentos de recoleccion de datos.....	21
Tabla N°4: Ensayos de laboratorio.....	22
Tabla N°5: Granulometría del agregado fino.....	27
Tabla N°6: Peso específico y absorción del agregado fino.....	29
Tabla N°7: Peso unitario suelto del agregado fino	30
Tabla N°8: Peso unitario compactado del agregado fino.....	30
Tabla N°9: Cuadro de resumen de las propiedades del Agregado fino.....	30
Tabla N°10: Granulometría del agregado grueso.....	31
Tabla N°11: Peso específico y absorción del agrego grueso.....	33
Tabla N°12: Peso unitario suelto del agregado grueso.....	33
Tabla N°13: Peso unitario compactado del agregado grueso	34
Tabla N°14: Cuadro de resumen de las propiedades del agregado grueso.....	34
Tabla N°15: Determinación de la resistencia promedio	36
Tabla N°16: Contenido de aire atrapado en mezcla.....	36
Tabla N°17: Volumen unitario de agua.....	37
Tabla N°18: Relación agua/cemento por resistencia.....	37
Tabla N°19: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	38
Tabla N°20: Material utilizado – Concreto patrón.....	42
Tabla N°21: Material utilizado – 0.4% aditivo nanosilice.....	42
Tabla N°22: Material utilizado – 0.9% aditivo nanosilice.....	42
Tabla N°23: Material utilizado – 1.3% aditivo nanosilice.....	42
Tabla N°24: Resultados del ensayo para medir la consistencia del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	47
Tabla N°25: Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón – 7, 14 y 28 días.....	49
Tabla N°26: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 0.4% Nanosilice – 7, 14 y 28 días.	50
Tabla N°27: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 0.9% Nanosilice – 7, 14 y 28 días.	50

Tabla N°28: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 1.3% Nanosilice – 7, 14 y 28 días.	51
Tabla N°29: Resultados de la resistencia a compresión – N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%.....	52
Tabla N°30: Resultados de la resistencia a flexión del concreto patrón – 7, 14 y 28 días.....	54
Tabla N°31: Resultados de la resistencia a flexión añadiendo 0.4% de nanosilice – 7, 14 y 28 días.....	55
Tabla N°32: Resultados de la resistencia a flexión añadiendo 0.9% de nanosilice – 7, 14 y 28 días.....	55
Tabla N°33: Resultados de la resistencia a flexión añadiendo 1.3% de nanosilice – 7, 14 y 28 días.....	56
Tabla N°34: Resultados de la resistencia a flexión – N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: El concreto	12
Figura 2: Medición de la trabajabilidad del concreto mediante el cono de Abrams.....	13
Figura 3: Ensayo a compresión del concreto	14
Figura 4: Mapa político del Perú	25
Figura 5: Mapa político del departamento de Lima	26
Figura 6: Curva granulométrica del agregado fino.....	27
Figura 7: Curva granulométrica del Agregado grueso.....	31
Figura 8: Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – patrón.....	35
Figura 9: Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ optimizado – patrón.....	43
Figura 10: Diseño de mezcla optimizado con 0.4% de aditivo nanosilice.....	44
Figura 11: Diseño de mezcla optimizado con 0.9% de aditivo nanosilice	45
Figura 12: Diseño de mezcla optimizado con 1.3% de aditivo nanosilice	46
Figura 13: Slump de la mezcla patrón	47
Figura 14: Slump con 1.3% aditivo nanosilice	47
Figura 15: Ensayo de trabajabilidad (Slump) – patrón, 0.4 %, 0.9% y 1.3%.....	48
Figura 16: Vaciado en probetas de 10x20 cm	49
Figura 17: Ensayo a compresión (N+1.3%N)	49
Figura 18: Resumen de los ensayos a compresión promedio (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) a los 7, 14 y 28 días.....	52
Figura 19: Curva de mejora de la resistencia a compresión para todas las dosificaciones (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%).....	53
Figura 20: Ensayo a flexión 14d – N+1,3%.....	54
Figura 21: Ensayo a flexión 14d - (N+0.4%).....	54
Figura 22: Resumen de los ensayos a flexión promedio (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) a los 7, 14 y 28 días.....	57
Figura 23: Curva de mejora de la resistencia a flexión para todas las dosificaciones (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%).....	58

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo de estudio evaluar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar las propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, las cuales tiene como metodología de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Tuvo como muestra 36 probetas y 36 vigas prismáticas las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión y flexión. En el ensayo de asentamiento, con un 1.3% de aditivo aumentó en 5 pulgadas respecto al patrón. En el ensayo a compresión, con 1.3% de aditivo arrojó un valor de 284.2 kg/cm^2 de nanosilice a los 28 días de edad, por lo que aumentó en un 47.79% respecto a la mezcla patrón a los 7 días de edad (192.3 kg/cm^2). Por último, en el ensayo de flexión con un 1.3% de nanosilice arrojó un módulo de rotura de 45 kg/cm^2 a los 28d de edad, por lo que aumento en un 36.36% respecto al módulo rotura patrón (33 kg/cm^2). Concluimos en la investigación que el aditivo nanosilice aumenta las propiedades físico-mecánicas del concreto y está directamente relacionado con las mismas, además que fue realizada a base de las normativas vigentes y antecedentes existentes en la actualidad.

Palabras clave: nanosilice, propiedades físico-mecánicas, asentamiento, compresión, flexión, módulo de rotura.

ABSTRACT

The present research aims to evaluate the influence of the application of nanosilice in concrete to improve the physical-mechanical properties in a conventional mixture of $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, which has as applied methodology and design quasi experimental. It had as a sample 36 specimens and 36 prismatic beams which were subjected to compression and bending tests. In the slump test, with 1.3% additive it increased 5 inches with respect to the standard. In the compression test, with 1.3% of additive it yielded a value of 284.2 kg / cm^2 of nanosilize at 28 days of age, so it increased by 47.79% with respect to the standard mixture at 7 days of age (192.3 kg / cm^2). Finally, in the bending test with 1.3% nanosilice, it showed a modulus of rupture of 45 kg / cm^2 , at 28d of age, thus increasing by 36.36% compared to the modulus of standard rupture (33 kg / cm^2). We conclude in the research that the nanosilize additive increases the physical-mechanical properties of concrete and is directly related to them, in addition to that it was carried out based on current regulations and existing antecedents today.

Keywords: nanosilize, physical mechanical properties, settlement, compression, bending, modulus of rupture

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la nanociencia y nanotecnología han tenido muchos avances e investigaciones para el mejoramiento de distintos objetos o materiales, en el rubro de la construcción civil no es la excepción ya que existen diversas investigaciones donde se ha usado este tipo de ciencia para poder manipular los átomos y por ende modificar las estructuras para un mejor comportamiento, en este caso se le aplicará al concreto, siendo el concreto en sí un material muy usado en el sector construcción, por su fácil acceso, costo, uso y diseño, hasta ahora no hay un material que haya podido suplantarlo.

En nuestro país hubo un crecimiento poblacional notable en las últimas décadas, es por ello que las construcciones verticales y horizontales han ido aumentando a lo largo del tiempo y por ende el uso de concreto se ha maximizado, teniendo en cuenta esta tendencia se ha visto en la necesidad de estudiar e investigar minuciosamente a este material debido a que presenta distintas propiedades internas y también se ha visto en la forma de mejorar estas propiedades según el requerimiento de cada construcción. Es por ello que en esta investigación se plantéo evaluar las propiedades mecánicas internas del concreto aplicando el uso de nanosilice en forma de aditivo.

Internacionalmente, hay países que ya emplearon nuevas técnicas para el mejoramiento de este material, un país no muy lejano es el de Colombia que empleo el uso de nanotubos de carbono para el mejorar la resistencia a compresión del concreto, en el mismo país en la ciudad de Bogotá se usó la fibra de bagazo de caña para mejorar las propiedades estructurales, mientras que en Chile se usó aditivo superplastificante Sika Viscocrete 4000 CL para aumentar la resistencia y trabajabilidad del hormigón, todas estas soluciones empleadas se dieron con el fin de mejorar las propiedades mecánicas e internas del concreto y esta tenga un mejor comportamiento estructural ante los distintas adversidades que puede presentarse ya sea por humedad, por algún patógeno o algún movimiento sísmico, entre otros.

Según lo mencionado, algunos países han venido desarrollando distintas técnicas para el mejoramiento del concreto, ya que el área de construcción civil implica también un crecimiento económico de dicho país debido a que genera trabajo a muchas personas y a la vez profesionales, por ende, buscan la manera de mostrar calidad utilizando otros medios no comunes, intentando disminuir cierto uso de materiales para mitigar costos en la construcción.

Mientras que, en el Perú, algunos departamentos como Lima por ejemplo se empleó el uso de aditivo Sika plastiment HE-98 para el mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto, en el mismo departamento se usó el polipropileno para también realizar el mismo objetivo mencionado anteriormente y por último en Chiclayo se utilizó las fibras de coco para el mejoramiento mecánico de las propiedades del concreto. Nuestro país al ser un país subdesarrollado, más del 80% de las viviendas o edificaciones son construcciones informales por diferentes motivos, ya sea económicos, falta de conocimiento, facilismo, entre otros. Es por ello que se debe ser más estricto con el diseño del concreto específicamente, desde la elección de los agregados hasta el vaciado de la mezcla para obtener calidad, seguridad y evitar deficiencias al momento de realizar una construcción. Incluso nuestro país es altamente sísmico por ende se debe buscar que el concreto busque sus mejores u optimas propiedades mecánicas y condiciones ya sea en su resistencia a la tracción, compresión, etc.

Ante todas estas consideraciones, se necesita un estudio a fondo sobre las propiedades mecánicas que presenta el concreto a lo largo de su producción (estado fresco y endurecido), de modo que mejore sus propiedades internas logrando optimizarse al máximo y prevenir los errores o fallos que usualmente se ven en una construcción. Es por ello que esta investigación consiste en la aplicación o uso de nanosílice en diferentes porcentajes según el peso del cemento dentro del concreto para poder mejorar las propiedades mecánicas de esta y realizar una comparación con una mezcla convencional, siendo este una dosificación común y corriente que no tiene nada aditivo, en otras palabras, con 0% de nanosilice. Es por ello, que esta investigación propone el siguiente problema general: ¿De qué manera

influye la aplicación de nanosílice en el concreto para mejorar sus propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021?

Así mismo, los siguientes problemas específicos:

¿De qué manera influye la aplicación de nanosílice en el concreto para mejorar su trabajabilidad en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021?

¿De qué manera influye la aplicación de nanosílice en el concreto para aumentar su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021?

¿De qué manera influye la aplicación de nanosílice en el concreto para aumentar su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021?

Justificación metodológica, esta metodología se busca efectuar los objetivos planteados en este estudio, de tal manera que sea relevante y eficaz mediante los instrumentos de medición usados en las variables, Independiente: aditivo nanosilice y Dependiente: propiedades físico-mecánicas del concreto, tratando de obtener la confiabilidad y validez mediante ensayos, comprobando que el aditivo en uso mejora las propiedades del objeto de estudio.

Justificación social, indica que los beneficiados por el mejoramiento de las propiedades del concreto, sean los propietarios de los inmuebles y aquellas empresas que usan el concreto para los proyectos.

Justificación técnica, mediante esta investigación se buscó conocer nuevas alternativas para el mejoramiento de las propiedades del concreto, las cuales se creó una nueva solución técnica para problemas similares, siendo una opción viable el uso del aditivo nanosilice

Justificación ambiental, el uso del aditivo nanosilice implica y crea conciencia en buscar un nuevo método las cuales mejoren nuestro medio ambiente, debido a que optimiza el uso de cemento para las mezclas de concreto.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar las propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Objetivos específicos

Indicar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar su trabajabilidad en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Indicar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Indicar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Hipótesis general

La aplicación de nanosilice en el concreto mejora las propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Hipótesis específicas

La aplicación de nanosilice en el concreto mejora la trabajabilidad en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

La aplicación de nanosilice en el concreto aumenta su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

La aplicación de nanosilice en el concreto aumenta su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional tenemos como antecedentes a:

León B. (2012), teniendo como objetivo estudiar cómo influye el nano-sílice aplicado en los hormigones autocompactantes, evaluando los cambios producidos en estado fresco y también las propiedades mecánicas de los hormigones estudiados. Para ello se planteó comparar cuatro tipos de hormigones con el mismo cemento y fue distribuido de la siguiente manera: un hormigón convencional (0% N) , un hormigón autocompactante (0% adición), y a la vez 2 hormigones autocompactantes con 2.5% y 5% de adición de nano sílice respectivamente, siendo una investigación de carácter experimental. Obteniendo como resultado que al añadir nano sílice al concreto autocompactante mejora sus propiedades mecánicas y durables, concluyendo que con la adición de nano sílice a mayor porcentaje tiene mayor valor de resistencia, además mejora considerablemente el comportamiento de un concreto autocompactante autocompactantes frente a la penetración de iones cloruro.¹

Navarro F. (2017), tuvo como objetivo estudiar una mezcla de concreto adicionando nanotubos de carbono para mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia a compresión. Para ello se realizará 9 muestras, de las cuales se tendrá 3 muestras de referencia, otras tres añadiendo 0.5% de NTC respecto al volumen del cemento, y las últimas tres con 0.3% de proporción, por la cual se incorpora directamente al momento del mezclado, siendo una investigación de tipo experimental. Se obtuvo como resultado que al agregarle un valor del 0.3% de NTC su resistencia aumento en 11.7%, mientras que para un 0.5% de NTC su aumento a la compresión fue de 10.2%. Concluyendo que, al añadir este material, si mejora las propiedades del concreto, pero se debe realizar más investigaciones para poder medir o obtener un grado más exacto en temas de proporción ya que la adquisición de los NTC resulta ser un poco costoso.²

Aguilar M. (2007) , teniendo como objetivo determinar cómo influye el nanosílice en el concreto para contra restar los patógenos que dañan a la durabilidad de este, por ende, se realizó análisis físico y químico por medio de laboratorios, siendo una

investigación tipo experimental. Se realizó un total de 24 muestras en forma de disco con 2 distintas relaciones de A/C, para el primero que fue de 0.55 A/C, se realizó 3 discos de mortero para porcentajes de 0, 0.5, 1 y 1.5% de nano sílice según el peso del cemento, a la vez también se hizo los mismos porcentajes con un A/C en 0.65. Concluyendo que el deterioro disminuye en los discos con una relación agua-cemento de 0.55 que en los que tienen un a/c de 0.65 debido que la infiltración depende del tamaño de los poros que tenga el hormigón, por ende, al aumentar la relación de A/C estos aumentan, por lo que mitiga que el “agente agresivo” penetre y lo deteriore.³

A nivel nacional tenemos como antecedentes a:

Cáceres y Reyes. (2019), tuvo como objetivo en su investigación en mejorar la resistencia al concreto y su trabajabilidad usando el aditivo Sika, siendo una investigación experimental - aplicativa y de enfoque cuantitativo, por ello se tuvo como muestras a dosificaciones sin aditivo (0%) y otras muestras con 0.5%, 0.8% y 1% de aditivo, realizando un total de 36 probetas para luego realizar los ensayos respectivos como el ensayo granulométrico para los agregados y el ensayo a compresión del concreto entre otros. Los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión han mostrado que efectivamente la adición del aditivo en un 0.5% mejoro hasta en un 20% del mismo, concluyendo que la aplicación de un 0.5% de aditivo ha logrado un incremento del 33% de la trabajabilidad, mientras que un 0.8% aumento en un 54% en su trabajabilidad y en 1% aumento en un 200%, deduciendo que a más aditivo su trabajabilidad aumenta considerablemente.⁴

Caballero (2019), tuvo como objetivo mejorar la resistencia del concreto añadiendo nanosílice, siendo un estudio experimental, en el estudio se planteó diseñar concretos con resistencias de $f'c = 175, 210, 280$ y 350 kg/cm^2 con la adición de 0.6%, 0.8%, 1.0% y 1.4% de aditivo para cada dosificación, para ello se realizó el ensayo a compresión de concreto y el ensayo de ruptura a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Se concluyó que en todas las muestras diseñadas con el aditivo nanosílice mejoraron en su compresión al concreto con respecto a la muestra patrón

(0% de aditivo) y también que la permeabilidad de los concretos al adicionar aditivo reduce en relación al porcentaje de aditivo, dándole mayor compacidad al concreto.⁵

Apaza, Q. (2018), tuvo como objetivo demostrar que la aplicación de Nanotubos de Carbono mejora sustancialmente las propiedades mecánicas del concreto, siendo una investigación de carácter cuantitativa y experimental, previamente se realizó el estudio del aditivo plastificante a usarse por la cual se hicieron 19 muestras con aditivo Sika y aditivo Basf - masterglenium 3800 (14 y 5 muestras respectivamente). Seguidamente se realizó la mezcla para una resistencia a 300Kg/cm^2 , usando 2 tipos de cementos patrones (Tipo IP de la empresa Yura y con el cemento tipo I de la Marca Wari) por la cual se añadió el 0.5%, 0.10%, 0.15% de nanotubo, para realizar los ensayos de trabajabilidad, compresión, entre otros. Se concluyo que la adición de Nanotubos mejora las propiedades mecánicas del concreto usando cantidades óptimas de NTC, en el caso del cemento Yura tipo IP llego a su dosificación optima en 0.05% de nanotubo de carbono, mientras que el cemento tipo I – Wari su optima dosificación es en un 1.0% .⁶

Antecedentes internacionales en otros idiomas:

Ahmed Al M. (2017), aiming to study a high-strength concrete adding the additive metakaolin (MK) as a replacement for cement, in addition rubber (SBR) and polyvinyl acetate (PVA) were added, to investigate how effective these materials are with respect to concrete. The research also studied the effect of recycled plastic and fiberglass used as reinforcements in modified concrete., being an experimental study. Para ello, se realizaron mezclas de prueba de 460 cubos, 24 cilindros y 30 prismas para estudiar el tiempo de fraguado, trabajabilidad, propiedades mecánicas y absorción de agua del hormigón para encontrar la relación optima de todos los elementos empleados en dicha investigación. Concluyendo que el metacaolín acelera el tiempo de fraguado inicial, mientras que los polímeros lo retrasan, con respecto al asentamiento con mayor porcentaje de metacaolín este disminuye como ocurre con los polímeros, pero la trabajabilidad aumenta con este último material.⁷

Amirhossein N. (2014), This research aimed to evaluate the effect of changing cement for silica fume, quartz dust and both elements, combined in different

percentages (10, 15 and 20%), these will be evaluated in both the fresh and hardened state of the concrete., they were carried out by the settlement test tests in the fresh state and the compressive strength, the tensile strength, the flexural strength, the penetration depth (permeability), among others , being an experimental study. Para el diseño de la mezcla se realizaron 4 ensayos con diferentes A / C los cuales fueron 0.55, 0.50, 0.45 y 0.40 según norma, debido a su aceptable diseño de resistencia a la compresión y los resultados de trabajabilidad. Concluyendo que, al agregar el humo de sílice y los polvos de cuarzo, el asentamiento se redujo en mayor medida, siendo el primero menor que el segundo material, debido a que presenta partículas más finas. En cuanto a la compresión del hormigón, 28 días después de la mezcla se demostró que la sustitución de estos materiales por cemento aumentaba la resistencia del hormigón en un 20%.⁸

Schaefer (2017), The purpose of this research is to be able to evaluate how effective irradiated plastic is as an additive for improving the mechanical properties of concrete. Para el diseño de la mezcla se incluyeron tres aglutinantes de cemento diferentes (ordinario, ordinario con cenizas volantes clase F y con humo de sílice) diseñando un total de 16 muestras, para cada aglutinante hubo diferentes combinaciones de baja, alta y no dosis, donde el plástico representó el 1,25% de la masa seca. Concluyendo que cuando se usa plástico reciclado en forma de aditivo se beneficia en la resistencia del concreto cuando se usan dosis altas, pero también condujo a una disminución en la porosidad.⁹

Antecedentes internacionales en artículos científicos:

Aramayo, Amayo y Paniagua (2014), tuvo como objetivo realizar una revisión exhaustiva en todos los medios disponibles acerca de la nanotecnología en el concreto e incluirlo para luego realizar los ensayos de flexión, trabajabilidad y compresión respectivamente. Para ello se construirá 36 probetas cilíndricas, 12 probetas denominado hormigón de control (sin adición de nano sílice) , 12 probetas con adición de 0.5% de nano sílice y otras 12 con la adición de 1% de nano sílice, por ello se considera una investigación de tipo experimental. En cuanto a los ensayos, se concluyó que el mejor porcentaje para la obtención de una mejor

resistencia al concreto es del 1% de nano sílice a los 28 días, obteniendo una resistencia promedio de 415.6 kg/cm^2 , al igual que su trabajabilidad y flexión, resulto ser mejor proporción el 1% del aditivo teniendo.¹⁰

Araoz, León, Denardin y Lavín (2013), tuvo como objetivo analizar la utilización de dopamiento de nanomateriales como refuerzo para estudiar las propiedades mecánicas tanto en resistencia a compresión y flexión del concreto. Los materiales utilizados para las muestras fueron los nanotubos de carbono de pared múltiple con un diámetro de 5-15 nm, longitud de 1-10 μm y una pureza del 95%, a la vez el cemento portland puzolánico grado corriente, árido fino TMN 5mm y agua. Como resultado obtuvieron un aumento en la compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días a comparación del concreto control (sin NTC), concluyendo que mejoro la resistencia del 27% y 14% a flexión y compresión respectivamente a 21 días de curado.¹¹

Téllez, Martín, Pérez y Verdecia (2012), tuvo como objetivo determinar cómo influyen 2 nanopartículas de SiO_2 dentro del cemento Pórtland, para ver su influencia en morteros y será comparado con hormigones hechos con aditivos químicos. Las mezclas fueron preparadas con una relación A/C de 0.4 y se añadió el aditivo mencionado en diferentes porcentajes del aditivo respecto al peso del cemento del aditivo Compuesto 1 y de la misma manera del aditivo Compuesto 2, siendo una investigación experimental. Para ello se hicieron los ensayos de velocidad ultrasónica, resistencia al concreto, absorción de agua por permeabilidad, entre otros. Concluyendo que al utilizar nanosilice incrementa en la trabajabilidad, resistencia a compresión y muestra buen rendimiento a tempranas edades (14d) y a la vez un incremento en la calidad y durabilidad de los hormigones cuando estos son empleados.¹²

Definición del concreto

“El concreto, es una masa originada del cemento, siendo un producto de la reacción entre cemento y el agua [...] También es considerado como una mezcla de agua, cemento, A.F y A.G¹³

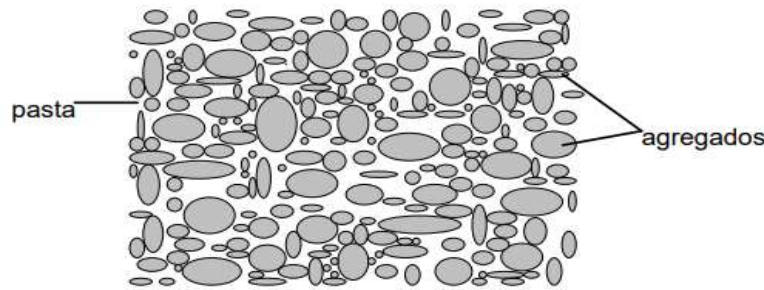


Figura 1: El concreto

Fuente: Gómez (2013), Materiales de construcción.

Estados del Concreto

El concreto al ser un material viscoso presenta diferentes estados los cuales están en función del tiempo a exposición ambiental, los estados del concreto son los siguientes: 1) **Estado fresco:** Al inicio en este estado, el concreto se asimila a una “masa” blanda, pudiendo ser trabajada y moldeada de diferentes maneras, siendo así fácil su colocación y compactación. Una de las propiedades más importantes de este estado es la trabajabilidad. 2) **Estado fraguado:** Luego, al pasar de los días el concreto empieza a ganar rigidez, a este proceso cuando ya no está tan blando el concreto es conocido como fraguado, teniendo lugar luego de la compactación. 3) **Estado endurecido:** Al final, este concreto empieza a ganar la resistencia requerida y endurece con el transcurrir de los días (28 días), siendo las propiedades más importantes de este estado la resistencia a compresión y durabilidad.¹⁴

Agregados

“Los agregados son los componentes importantes de hormigón, dan cuerpo al hormigón, reducen contracción y economía de efectos [...] El hecho de que los agregados ocupen 70-80 por ciento del volumen de hormigón, su impacto en varias características y propiedades del hormigón es sin duda considerable” [15]

Cemento portland

Las materias primas que se necesitan para la elaboración del cemento Portland son materiales calcáreos, como tiza, piedra caliza y materiales arcillosos, como pizarra o arcilla [...] Su proceso de elaboración, consiste en moler las materias primas,

mezclarlas íntimamente en determinadas proporciones según su pureza y composición y quemarlas en un horno a alta temperatura de unos 1300 a 1500 ° C, a cuya temperatura, el material sinteriza y se fusiona parcialmente para formar Clinker de forma nodular. Este lleva a ser enfriado y molido hasta obtener un polvo fino con la adición de aproximadamente un 3 a un 5% de yeso, el producto formado mediante este procedimiento es cemento Portland.¹⁶

Aditivo

“Se define como un material distinto de cemento, agua y áridos, y es utilizado como un ingrediente de hormigón y se agrega al lote inmediatamente antes o durante la mezcla. El aditivo es un material que se agrega en el momento de moler Clinker de cemento en la fábrica de cemento” [17]

Propiedades del Concreto Fresco

-Trabajabilidad: Es la cuantificación de trabajo interno y necesario para una buena compactación del concreto, esta propiedad es medida mediante su asentamiento en slump ¹⁸



Figura 2: Medición del asentamiento del concreto mediante el cono de Abrams.

Fuente: Flores (2016)

Propiedades del Concreto endurecido

- Resistencia al concreto: “En la mayoría de las aplicaciones estructurales, el hormigón es empleado para soportar los esfuerzos sometidos a compresión. En aquellos casos en los que la resistencia a tracción o cortante es de importancia

primordial, la resistencia a la compresión es utilizado frecuentemente como medida de estas propiedades. Por lo tanto, las propiedades de fabricación de hormigón de varios ingredientes de la mezcla se miden generalmente en términos de resistencia a la compresión. ”.[19]



Figura 3: Ensayo a compresión del concreto (rotura a carga axial)

Fuente: Flores (2016)

- **Resistencia a la flexión:** Para hallar esta resistencia , se evalúa mediante el ensayo de vigas, donde la estructura está sometido a fuerzas de compresión y tensión. Su medición está representada por el módulo de ruptura la cual actúa en pisos y/o pavimentos de concreto.²⁰

Nanotecnología

La nanociencia se basa en la explorar y explotar materiales con estructuras nanométricas (10^{-9}), siendo un área de investigación de mucho interés de forma que su pequeño tamaño encuentren modelar o modificar un objeto. ²¹

La Nanotecnología en la construcción

Las investigaciones respecto a nanomateriales y nanotecnología mostraron cuan eficaz podría ser en diferentes campos como la construcción, medicina, industria móvil, etc. Debido a que su tamaño tan pequeño penetra en los objetos con facilidad. El sector construcción es uno de los más beneficiados, ya que mejoran las resistencias de los materiales, también aumentan la durabilidad del concreto, acero, vidrio, etc.²²

Materiales basados en la nanotecnología

Nanosílice: “Es un aditivo líquido viscoso, y tiene como base partículas de sílice de tamaño nanométrico ($\times 10^{-9}$).²³

Aplicaciones: “Por su alta eficacia de plastificación junto con su capacidad para mejorar y evolucionar resistencias, a edades tempranas , lo hace ideal para :**a)** Hormigón prefabricado, pretensado , postensado y armado **b)** Hormigón de altas prestaciones , **c)** Hormigón ligero de baja densidad, entre otros.” [23]

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación: Aplicada

Este tipo de investigación implica la evaluación de un problema práctico mediante el uso de metodologías empíricas, a su vez es la aplicación práctica de una investigación básica.²⁴

Por lo tanto, este proyecto es de tipo aplicada ya que se usó otros resultados realizados en investigación y se puso en práctica los conocimientos adquiridos sobre el diseño de mezclas y el uso de aditivos en el concreto, buscando crear una solución óptima a la problemática de esta investigación mediante el aditivo nanosilice.

Diseño de investigación: Cuasi experimental

La investigación cuasi experimental es denominada así porque es “casi” un experimento, ya que los sujetos o grupos de control no son seleccionados al azar y escasea de confianza en cuanto a la igualdad de los grupos, afectando la posibilidad de afirmar que los resultados son producto de la variable independiente. Los grupos referidos son el grupo experimental (que en este caso recibirá el aditivo) y el grupo control o prueba patrón, que no recibirá tratamiento alguno y solo servirá de comparación.²⁵

De este modo este proyecto de investigación es cuasi experimental, ya que comparó 4 grupos de objetos, siendo la prueba patrón o grupo control (0% nanosilice) y otras tres muestras con el aditivo nanosilice en diferentes porcentajes según el peso del cemento (0.4%, 0.9% y 1.3% de nanosilice) para analizar el comportamiento físico-mecánico del concreto, y también se considera cuasi experimental, porque el diseño de mezcla pre definido por el investigador en este estudio es de una resistencia de 210 kg/cm^2 . Los porcentajes mencionados anteriormente que se añadirán al concreto fueron elegidos a base de otras investigaciones realizadas por otros autores, un ejemplo de ello es que se usó el 0.5%, 1% y 1.2% de nanosilice para dicha investigación.

3.2. Variable y Operacionalización

Una variable es una característica que el investigador manipula, observa y/o controla, de tal manera que son los “ingredientes” más importantes de una investigación, sin ellas no había o existiría investigación.²⁶

Variable Independiente:

Se denomina variable independiente a las medidas usadas (causas) por el investigador para controlar o manipular la variable dependiente y medir un posible cambio o efecto que ocurren en ellas.²⁷

Definición conceptual

Es un aditivo líquido de partículas extremadamente pequeñas (nanométrico), siendo un gran reductor de agua. Las reacciones químicas que se dan dentro del concreto convierten estas nano partículas en nano partículas de cemento.²³

Definición operacional

Las mezclas diseñadas con el aditivo nanosilice con 0.4%, 0.9% y 1.3% respecto al peso del cemento, se realizará con el objetivo de incrementar la resistencia al concreto, mejorar su trabajabilidad y mejorar su resistencia a flexión, a partir de ello se elaboró 36 probetas y 36 vigas prismáticas de concreto respectivamente.

Variable Independiente: V2: Aditivo nanosilice

Variable Dependiente

La variable dependiente es aquella modificada por acción de la variable independiente, siendo las consecuencias que se miden para llegar a los resultados que se busca en la investigación.²⁸

Definición conceptual

La estructura del concreto endurecido constituye en el aglomerante (agua y cemento) que luego es mezclado con los agregados, además que se adhiere aire y vacíos. Al adherirse todos estos materiales y en su secado, genera un comportamiento resistente para soportar esfuerzos de tracción y compresión.²⁹

Definición operacional

El concreto tiene diferentes propiedades según sus estados (fresco y endurecido), donde a partir de ello se realizó los ensayos respectivos para esta investigación. Para evaluar el grado de trabajabilidad del concreto, se procedió a realizar el ensayo del asentamiento mediante el cono de Abrams para los diferentes diseños con los porcentajes respectivos de aditivo nanosilice (0%,0.4%,0.9% y 1.3%), para esta evaluación se realizará 4 ensayos en total. Luego pasamos a realizar los ensayos de resistencia a la compresión con el mismo porcentaje de aditivo mencionado anteriormente, donde la ruptura de probeta se hará a los 7,14 y 28 días de edad, para ello se realizó 3 muestras por diseño haciendo un total de 36 probetas cilíndricas de 10x20 cm; finalmente bajo el mismo concepto, para la resistencia a flexión se realizó 36 vigas prismáticas, sometiéndolos a los ensayos respectivos para obtener los resultados deseados en esta investigación.

Variable dependiente: V1: Propiedades físico-mecánicas del concreto

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Grupo finito o infinito de componentes con propiedades comunes quedando delimitada por el problema y los objetivos a estudiar.³⁰

Esta investigación tuvo como población a todas las probetas cilíndricas de concreto (10x20 cm) y vigas prismáticas (10x10x30cm) de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, sin y con un porcentaje de nanosilice según el peso del cemento.

Muestra

Es un subconjunto o parte que representa a un todo o a una población, siendo un elemento finito.³¹

Las muestras realizadas en el proyecto fueron 36 probetas de 10x20 cm según el ASTM (ensayos a compresión) y 36 vigas prismáticas (ensayo a flexión) con el aditivo ya mencionado en distintos porcentajes (0%,0.4%,0.9% y 1.3%) por las cuales fueron sometidas a los ensayos respectivos, según sus edades de 7,14 y 28

días para una mezcla de 210 kg/cm² que estuvo compuesto por grava, cemento, arena y agua, los porcentajes elegidos fueron tomados a base del autor Loayza Puma (2017), donde planto usar 0.5%, 1% y 1.5% de nanosilice según el peso del cemento.

Tabla N°1: Muestra de probetas cilíndricas (ensayo a compresión)

Probetas cilíndricas (15x30cm)	Muestras			Total
	7 días	14 días	28 días	
Concreto con 0 % nanosilice	3	3	3	9
Concreto con 0.4 % nanosilice	3	3	3	9
Concreto con 0.9% nanosilice	3	3	3	9
Concreto con 1.3 % nanosilice	3	3	3	9
Total				36

Fuente: Elaboracion propia

Tabla N°2: Muestra de vigas prismáticas (ensayo a flexión)

Vigas prismáticas (6x6x18cm)	Muestras			Total
	7 días	14 días	28 días	
Concreto con 0 % nanosilice	3	3	3	9
Concreto con 0.4 % nanosilice	3	3	3	9
Concreto con 0.9% nanosilice	3	3	3	9
Concreto con 1.3 % nanosilice	3	3	3	9
Total				36

Fuente: Elaboracion propia

Muestreo

“El muestreo es un procedimiento usado para la selección de la muestra, existiendo 2 formas para obtener una muestra: el probabilístico y el no probabilístico; donde la primera forma todos los elementos de la muestra son elegidos al azar teniendo la misma probabilidad para ser elegido, mientras que en la segunda forma conlleva a un criterio de selección establecido, por ende, los elementos no son elegidos al azar”. [32]

En este caso, para este proyecto de investigación el muestreo es no probabilístico, ya que el investigador es quien toma las decisiones de elección, como ensayos o número de muestras, etc.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Es el proceso de reunir y medir información de variables de interés, sistematizada de manera que permite responder problemas de investigación, experimentar hipótesis y evaluar resultados.³³

Es por ello, que ante esta técnica se utilizó la observación directa para darle posibles soluciones a las problemáticas planteadas en esta investigación y a su vez experimentar las hipótesis dadas. Se usó citas bibliográficas como fuentes de información y las respectivas normativas vigentes como: ASTM C31, ASTM C33, ASTM C39, ASTM C78, ASTM 143.78, ASTM C293, NTP 339.035, NTP 400.012, ACI 211.1.

Tabla 3: *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

Descripción	Técnicas	Instrumentos
Dosificación aditivo nanosilice (0.4%,0,9%,1.3%)	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Slump	Observación directa	Ficha de resultados de laboratorio (Ensayo de Asentamiento-Cono de Abrams)
Resistencia a compresión	Observación experimental	Ficha de resultados de laboratorio (Ensayo de resistencia a compresión)
Resistencia a flexión	Observación experimental	Ficha de resultados de laboratorio (Ensayo de resistencia a flexión)

Fuente: Elaboración propia

Instrumento de recolección de datos

Para la presente investigación se realizó ensayos en laboratorios para la obtención de resultados verídicos, la cual se menciona en lo siguiente:

- Observación
- Fichas de Laboratorio (Ver anexo)
- Ensayos

Tabla N°4: *Ensayos de laboratorio*

	Ensayo	Instrumento
Ensayos	Ensayo de análisis granulométrico A. F	Tamizado
	Ensayo de análisis granulométrico A. G	Tamizado
	Revenimiento	Cono de Abrams
	Resistencia a compresión	Máquina universal
	Resistencia a flexión	Máquina universal

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad y Validez

Es necesario tener confiabilidad y validez para presentar una metodología de una investigación de manera concisa y precisa. La confiabilidad es referida a una estabilidad de los hallazgos, mientras que la validez es representada por la veracidad.³⁴

Ante lo mencionado, los instrumentos evaluados fueron sometidos a una validación de expertos o especialistas, que están metidos dentro del rubro de construcción las cuales se encargaron de revisar y aprobar el contenido del instrumento utilizado en esta la presente investigación.

3.5. Procedimiento

Para la selección y la cantidad de elementos que se usaran en los ensayos de la presente investigación, se basó de acuerdo a la norma E-60 (Concreto armado), se hicieron los ensayos de compresión de concreto (rotura a carga axial), ensayo para

medir el slump (cono de Abrams), y el ensayo a flexión por viga según el ASTM, para cada dosificación o diseño de mezcla (que son 4 tipos de diseños). Luego se analizó las propiedades físico- mecánicas del concreto según el porcentaje de aditivo agregado.

3.6. Método de análisis de datos

Para medir un instrumento es necesario tener confiabilidad en la misma, es por ello que se define como el grado repetido de un elemento a manera que produce resultados homogéneos.³⁵

Para la selección de datos se hizo a través la observación directa mediante los ensayos realizados en la investigación, de modo que los resultados arrojados fueron anotados en los formatos respectivos para un buen orden y secuencia según los objetivos, que serán necesarios el desarrollo de la misma y poder contrastarlos con las hipótesis planteadas, por ende, se permitirá llegar a las metas propuestas en este proyecto.

3.7. Aspectos éticos

El tesista que es alumno de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Cesar Vallejo, confirma que el presente proyecto de investigación se realizó honestamente y con la total confianza de no haber copiado o plagiado de otras tesis o investigaciones de otros autores, por ende, se respetó sus aportes e indicó las citas respectivas tomadas de otras investigaciones. Al final del presente proyecto, ésta fue sometida y comparada por la herramienta de web Turnitin para corroborar lo mencionado anteriormente.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Nombre de la tesis:

“Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosílice en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021”

Ubicación política:

La presente investigación tiene como zona de estudio el departamento de Lima en Perú.



Figura 4: Mapa político del Perú

Fuente: <https://www.blogitravel.com/tag/mapa-politico-del-peru/>

Se eligió este lugar de estudio debido que actualmente nuestra capital se ha vuelto un “boom” en la ejecución de proyectos, por ende, es indispensable la utilización del concreto. Para ello se busca mejorar sus propiedades internas de tal manera de buscar una solución en las obras para que la resistencia del concreto a usar sea mayor.

Ubicación geográfica:

Lima se encuentra ubicado en la región occidental y central del territorio peruano, abarcando zonas del litoral e interandinas.³⁶ Tiene un territorio de 34 mil 801.59 km² que equivale a un 2.7% de territorio peruano.³⁷

Tiene como coordenadas geográficas:

Latitud sur: Se encuentra entre 10°16'18" y 13°19'16"

Latitud Oeste: Se encuentra entre 75°30'18" y 77°53'02" del Meridiano de Greenwich.



Figura 5: Mapa político del departamento de Lima

Fuente: <https://www.pinterest.com.mx/pin/622622717205793551/>

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO

Para este análisis, se procedió a realizar los ensayos granulométricos por la cual nuestra muestra pasa los tamices 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 (ASTM C33).

Según Yepes, se define como granulometría a una graduación y medición que se lleva a cabo de los granos del material, por lo que se tiene en cuenta el peso total y retenido obtenidos en los tamices según su diámetro.³⁸

Proceso para el análisis granulométrico del A.F.

- Adjuntar muestra y realizar cuarteo.
- A continuación, se secó el material en un horno a una temperatura de 110° ±5C°.
- Introducir el material en los tamices mencionados anteriormente.
- Calcular el peso retenido de los tamices.

e) Como último paso, se procedió a realizar la curva granulométrica.

A continuación, mostramos los resultados obtenidos del laboratorio.

Tabla N° 5: Granulometría del agregado fino

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C 33
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	8.1	1.0	1.0	99.0	95 - 100
Nº8	2.38	120.5	15.5	16.5	83.5	80 - 100
Nº 16	1.19	196.5	25.3	41.8	58.2	50 - 85
Nº 30	0.60	185.9	24.0	65.8	34.2	25 - 60
Nº 50	0.30	136.2	17.6	83.4	16.6	05 - 30
Nº 100	0.15	78.9	10.2	93.6	6.4	0 - 10
FONDO		49.8	6.4	100.0	0.0	0 - 0

Fuente: Elaboración propia

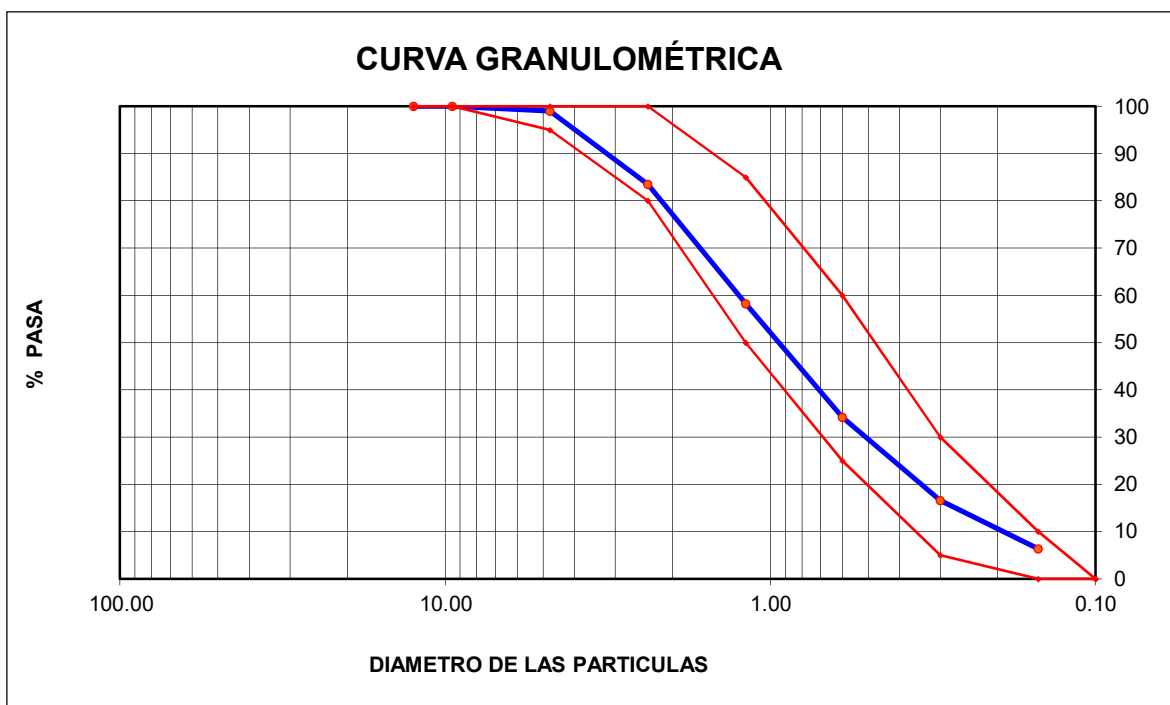


Figura 6: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

Módulo de Fineza del A.F

Con los datos obtenidos del ensayo granulométrico, se procedió a calcular el módulo de fineza. Según la NTP. 400.037 este parámetro varía entre los 2.3 y 3.1.

$$mf = \frac{\sum \% \text{ Ret. acumulado (tamices } 1/2'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$mf = \frac{1 + 16.5 + 41.8 + 65.8 + 83.4 + 93.6}{100}$$

$$\mathbf{MF= 3.02}$$

Porcentaje contenido de Humedad del A.F.

Este ensayo sirve para hallar el % de humedad tal como su nombre lo indica, se analizó la muestra en su estado natural para calcular el agua que esta contiene.³⁸

Para hallar el % de contenido de humedad, se insertó la muestra húmeda (785.5 gr) en un recipiente para hallar su peso, luego se introdujo la muestra en un horno (110° C) para poder quitarle la humedad. Luego de realizar este proceso, se sacó la muestra del horno y se calculó su peso, obteniendo un peso seco de 775.9 gr, se halló el % de humedad con la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{100(h - s)}{s}$$

Dónde:

W% = % de contenido de humedad

h= masa de la muestra húmeda (gr)

s= masa de la muestra seca (gr)

Hallando el % contenido de humedad:

$$W\% = \frac{100(785.5 - 775.9)}{775.9}$$

$$\mathbf{W\% = 1.2\%}$$

Peso específico y absorción del agregado fino

Peso específico:

Es la relación de la masa de un volumen unitario de algún material entre la masa del mismo volumen de agua en temperatura indicadas.³⁹

% Absorción del agregado fino:

Luego de sumergir en 24h el agregado fino, se pasa a hallar la cantidad de agua que fue absorbida por el agregado fino, de tal manera que es expresada como porcentaje del peso seco. Es considerado de esa manera, cuando este fue mantenido a una temperatura de 110°C por el tiempo mencionado anteriormente para así remover toda el agua sin ser combinada.⁴⁰

Tabla N° 6: *Peso específico y absorción del AF*

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$)	g/cc	2.64	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $500/(V-W)$)	g/cc	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-(500-A)]$)	g/cc	2.75	2.75	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) $[(500-A)/A*100]$	%	1.5	1.5	1.5

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario del agregado fino

Se determinó la densidad total al dividir la masa del A.F en estado seco y el volumen (con vacíos) que ocupa la misma.⁴¹

Para ello en se tuvo que determinar (PUS) y (PUC) del agregado fino. Ambos se hallan de la siguiente manera:

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Tabla N° 7: Peso unitario suelto del agregado fino

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6596	6615	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4233	4252	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.534	1.541	1.530
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.535		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8: Peso unitario compactado del agregado fino

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7196	7215	7211
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4833	4852	4848
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.751	1.758	1.757
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.755		

Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE RESUMEN DEL A.F

Tabla N° 9: Cuadro de resumen de las propiedades del A.F.

Modulo de fineza	3.02
Contenido de humedad (%)	1.2
Peso específico	2.64
Porcentaje Absorción (%)	1.5
P.U.S (kg/m3)	1.535
P.U.C (kg/m3)	1.755

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

Para este análisis, se procedió a realizar los ensayos granulométricos al agregado grueso, la cual nuestra muestra pasa los tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16 (N.T.P. 400.012). Para este ensayo, se realizó los mismos pasos que se hizo con el agregado fino.

Tabla N° 10: Granulometría del agregado grueso

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	HUSO # 67
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.05	96.0	6.7	6.7	93.3	90 - 100
1/2"	12.50	651.0	45.2	51.9	48.1	---
3/8"	9.53	362.0	25.2	77.1	22.9	20 - 55
N° 4	4.76	326.0	22.7	99.8	0.2	0 - 10
N° 8	2.38	3.9	0.3	100.1	-0.1	0 - 5
N° 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		0.0	0.0			

Fuente: Elaboración propia

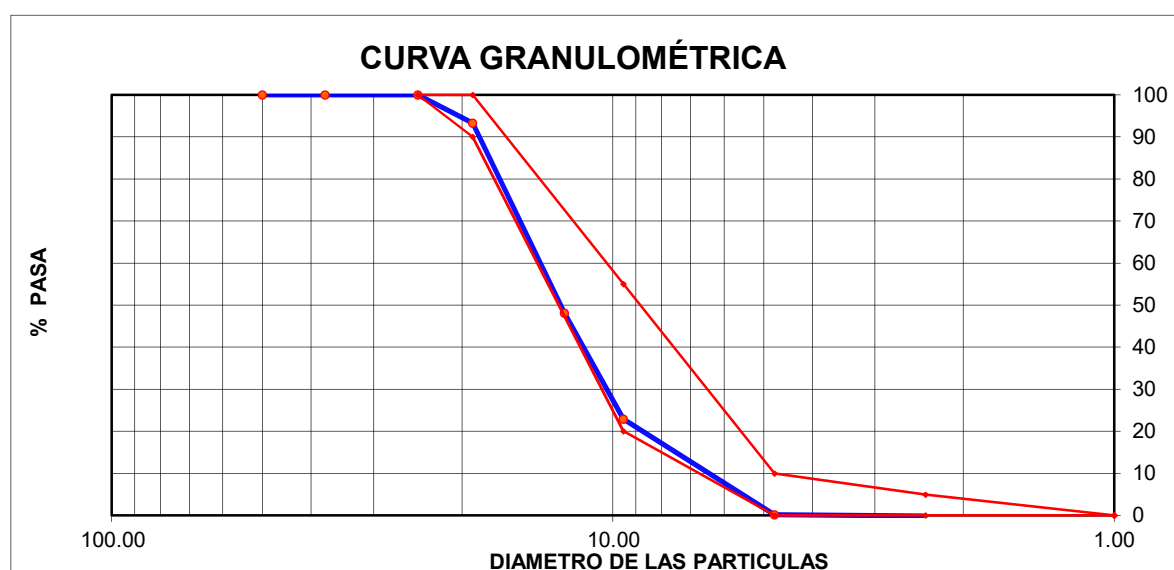


Figura 7: Curva granulométrica del AG

Fuente: Elaboración propia

Módulo de Fineza del A.G

Con los datos obtenidos del ensayo granulométrico, se procedió a calcular el módulo de fineza del A.G.

$$mf = \frac{\sum \% \text{ Ret. acumulado (tamices } 1\ 1/2'' + 3/4'' + 1/2'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16)}{100}$$

$$\mathbf{MF= 6.84}$$

Porcentaje contenido de Humedad del A.G.

Para hallar el % de contenido de humedad del A.G, se realizó de la misma manera que el agregado fino, se insertó la muestra húmeda (1442 gr) en un recipiente para hallar su peso, luego se introdujo la muestra en un horno (110° C) para poder quitarle la humedad. Luego de realizar este proceso, se retiró la muestra del horno y se calculó su peso, obteniendo un peso seco de 1438.9 gr, se halló su % de humedad con la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{100(h - s)}{s}$$

Dónde:

W% = % de contenido de humedad

h= masa de la muestra húmeda (gr)

s= masa de la muestra seca (gr)

Hallando el % contenido de humedad:

$$W\% = \frac{100(1442 - 1438.9)}{1438.9}$$

$$\mathbf{W\% = 0.2\%}$$

Peso específico y absorción del agregado grueso

Tabla N°11: Peso específico y absorción del agregado grueso

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A	g	1590.0	1572.0	1581.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca B	g	2536.0	2508.0	2522.0
3	Peso muestra Seco C	g	2511.0	2483.0	2497.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = $B/B-A$	g/cc	2.68	2.68	2.68
5	Peso específico de masa = $C/B-A$	g/cc	2.65	2.65	2.65
6	Peso específico aparente = $C/C-A$	g/cc	2.73	2.73	2.73
7	Absorción de agua = $((B - C)/C)*100$	%	1.0	1.0	1.0

Fuente: Elaboración propia

Peso unitario del agregado grueso

Tabla N° 12: Peso unitario suelto del AG

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6012	5989	6005
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3649	3626	3642
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.322	1.314	1.320
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO			g/cc	1.318	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Peso unitario compactado del AG

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6614	6596	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4251	4233	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.540	1.534	1.530
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO			g/cc	1.535	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE RESUMEN DEL A.G

Tabla N° 14: Cuadro de resumen de las propiedades del A.G.

Modulo de fineza	6.84
% de humedad	0.2
P.e. A.Grueso	2.65
Absorción (%)	1
P.U.S (kg/m ³)	1318
P.U.C (kg/m ³)	1.535
T.M.N	3/4"
P.e. Cemento	3.12

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE MEZCLA (MÉTODO ACI 211.1)

Es el proceso de selección de los materiales convenientes (agua, cemento, AF y AG) y determinar un “proporcionamiento” de tal manera que el concreto sea trabajable, tenga buena resistencia a compresión y durable. ⁴²

- Cemento tipo I, $P_c = 3.12 \text{ gr/cm}^3$
- $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Slump= 2"
- $P_c \text{ Agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- TMN= $\frac{3}{4}$ "

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Patrón

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12	3.02	1.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64					
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.84	0.2	1.0	1318.0	1535.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			2	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.558		
4	AGUA			190		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.3475		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			340.500	Kg/m ³	8.0	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.1091	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.1900	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
						0.319
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3335	m ³ /m ³	0.681
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3475	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				341	Kg/m ³	
AGUA				190	Lt/m ³	
AGREGADO FINO				880	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				921	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2332	Kg/m ³	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				891.01	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				922.84	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				0.30	2.6	
AGREGADO GRUESO				0.80	7.4	
					10.0	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					200.0	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				340.50	Kg/m ³	
AGUA				200.01	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				891.01	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				922.84	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2354	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (50 lt.)						
CEMENTO				17.03	Kg	
AGUA				10.00	Lts	
AGREGADO FINO				44.55	Kg	
AGREGADO GRUESO				46.14	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
C	1.0			C	1.0	
A.F	2.62			A.F	2.56	
A.G	2.71			A.G	3.09	
H2o	25.0			H2o	25.0	

Figura 8: Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – patrón

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

1) Resistencia promedio requerida

Tabla N.º 15: Determinación de la resistencia promedio

F'c (Kg/cm²)	F'cr
< 210	F'c + 70
entre 210 y 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

Fuente: ACI 211.1

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$



$$F'cr = 210 + 84$$

$$F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

2) Contenido de aire atrapado

Tabla N.º 16: Contenido de aire atrapado en mezcla

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: ACI 211.1

Debido a que nuestro tamaño máximo nominal es de $\frac{3}{4}$ ", por lo tanto, según la tabla ACI, tendremos un aire atrapado del 2%.

3) Contenido de agua

Tabla 17: Volumen unitario de agua

Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Fuente: ACI 211.1

Teniendo un slump de 2" y un TMN de ¾", según la tabla ACI se usó:

$$A = 190 \text{ Lt/m}^3$$

4) Calculo de la relación agua-cemento

Tabla N.º 18: Relación agua/cemento por resistencia

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: ACI 211.1

Para hallar la relación A/C de nuestro F'cr=294 kg/cm², se procedió a interpolar para la obtención de la misma:

F'cr		a/c
300	→	0.55
294	→	X
250	→	0.62

$$x = 0.558$$

5) Cálculo de la cantidad de cemento

$$R = a/c$$

Dónde:

R: Relación agua/cemento

a: cantidad de agua (kg)

c: cantidad de cemento (kg)

De los datos obtenidos, se calculó:

$$R = a/c$$

$$0.558 = 190 \text{ Lt/m}^3 / c$$

$$c = 340.50 \text{ kg}$$

6) Peso del agregado grueso

Tabla N.º 19: *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. (b / b_o)				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

$$\text{Peso del agregado grueso} = b/b_o * \text{Peso U. compactado}$$

Donde: b/b_o : módulo de fineza (tabla)

Según los datos obtenidos, se tuvo un M.F. de 3.02 y un T.M.N de $\frac{3}{4}$ ", por lo tanto, el módulo de fineza es:

$$b/b_o = 0.60$$

Reemplazando:

$$P.A. G = 0.6 * 1535$$

$$P.A. G = 921 \text{ kg}$$

7) Volumen absoluto (aire, agua, cemento y P.A.G) para hallar el Peso del agregado fino

- **Cemento:** $340.5 \text{ kg} / 3.12 \text{ gr/cm}^3 * 1000 = 0.109 \text{ m}^3$

- **Agua:** $190 \text{ kg} / 1000 \text{ kg/ m}^3 = 0.19 \text{ m}^3$

- **Aire:** $2\%/100 = 0.02 \text{ m}^3$

- **Volumen de agregado grueso=** Peso del agregado grueso/ P. específico A.G
 $= 921 \text{ kg} / 2650 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.3475 \text{ m}^3$$

Suma de todos los volúmenes= $0.109 + 0.19 + 0.02 + 0.3475 = 0.665 \text{ m}^3$



$$V (\text{total}) = 1 \text{ m}^3$$

$$1 = 0.665 + \text{Vol. A.F}$$

$$\text{Vol. A. F} = 0.3335 \text{ m}^3$$

8) Peso del agregado fino

$$P.A. F = \text{Vol. A.F.} * P_e$$

Dónde:

Vol. A. F= Volumen del agregado fino

P_e= peso específico del agregado fino



$$P.A.F. = 0.3335 * 2.64 * 1000$$

$$P.A. F = 880.44 \text{ kg}$$

9) Presentación del diseño en estado seco

- Cemento: 340 kg
- A. fino: 880.44 kg
- A. grueso: 921 kg
- Agua: 190 Lt

10) Corrección por humedad de los agregados

De la fórmula: **C.H. A= Peso seco * (% w/100 + 1)**

Donde:

% w= porcentaje de humedad

- C.H.A. F= 880.44 kg (1.2/100 + 1)

C.H.A. F= 891 kg

- C.H.A. G= 921 kg (0.2/100 + 1)

C.H.A. G= 922.84 kg

11) Aporte de agua a la mezcla

De la fórmula: **Peso seco (% w - % abs. /100)**

Dónde: % w: porcentaje de humedad

% abs.: porcentaje de absorción

- A. Fino= (1.2-1.5) 891/ 100

A. Fino= -2.67 Lt.

- A. Grueso= (0.2 – 1) 922.54 / 100

A. Grueso= -7.38 Lt.




Suma= -10.05 Lt

12) Agua efectiva:

Agua= 190 Lt – (-10.05 Lt)

Agua= 200.05 Lt

Resumen del diseño (Para 1m³ de concreto)

- Cemento: 340.5 kg	Dividimos entre el cemento	1
- A. fino: 891 kg		2.62
- A. grueso: 922.84 kg		2.71
- Agua: 200.05 Lt (entre Factor cemento 8.01)		24.98 Lt

Proporciones del diseño: **1: 2.62: 2.71: 24.98 Lt.**

Material utilizado en nuestro diseño:

Las muestras realizadas en esta investigación tienen como molde probetas cilíndricas (10x20 cm) y vigas prismáticas (10x10x35), por lo tanto, se calculó el volumen de dichos moldes para determinar el material que se utilizó en toda la mezcla.

- **Volumen de probeta= A. base* Altura**

$$= \pi \times r^2 \times h$$

$$= 3.14 \times (0.05)^2 \times 0.2$$

$$\text{Vol. Prob.} \times 9 (\# \text{ prob}) = \mathbf{0.01413 \text{ m}^3}$$

- **Volumen de viga prismática= a x b x c**

$$= 0.1 \times 0.1 \times 0.35$$

$$\text{Vol. Viga} \times 9 = \mathbf{0.0315 \text{ m}^3}$$



$$\text{Suma total} = 0.046 \text{ m}^3 + 10\% \text{ desperdicio}$$

$$\mathbf{\text{Vol. Mezcla} = 0.05 \text{ m}^3 = 50 \text{ Lt.}}$$

Para finalizar con el cálculo de material se procedió a multiplicar el volumen de la mezcla con los materiales a usar para 1 m³ de concreto:


- Cemento: 340.5 kg	x 0.05	17.03 kg
- A. fino: 891 kg		44.55 kg
- A. grueso: 922.84 kg		46.14 kg
- Agua: 200.05 Lt		10 Lt.

Tabla N° 20: *Material utilizado – Concreto patrón*

Materiales	Material usado para el diseño	
	Cantidad	Unidad
Cemento	17.03	kg
A. fino	44.55	kg
A. grueso	46.14	kg
Agua	10	Lt

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: *Material utilizado – 0.4% aditivo nanosilice*

Materiales	Material usado para el diseño	
	Cantidad	Unidad
Cemento	17.03	kg
A. fino	44.55	kg
A. grueso	46.14	kg
Agua	10	Lt
A. nanosilice	68.1	gr.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 22: *Material utilizado – 0.9% aditivo nanosilice*

Materiales	Material usado para el diseño	
	Cantidad	Unidad
Cemento	17.03	kg
A. fino	44.55	kg
A. grueso	46.14	kg
Agua	10	Lt
A. nanosilice	153.2	gr.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: *Material utilizado – 1.3% aditivo nanosilice*

Materiales	Material usado para el diseño	
	Cantidad	Unidad
Cemento	17.03	kg
A. fino	44.55	kg
A. grueso	46.14	kg
Agua	10	Lt
A. nanosilice	221.3	gr.

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para optimizar cemento y no alterar significativamente el diseño requerido de 210 kg/cm². Se aumento un factor de seguridad de 20 kg/cm² (criterio tomado y usado en el diseño de mezcla del tesista).

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Patrón

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.02	1.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.84	0.2	1.0	1318.0	1535.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASENTAMIENTO				2	pulg	
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				3/4 "		
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.652		
4 AGUA				190		
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				2.0		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.3475		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO				291.410	Kg/m ³	6.9
Volumen absoluto del cemento				0.0934	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.1900	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.303
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3495	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3475	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.00
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				190.00	Lt/m ³	
AGREGADO FINO				922.68	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				921.00	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2325	Kg/m ³	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				922.84	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				0.30	2.8	
AGREGADO GRUESO				0.80	7.4	
					10.1	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					200.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				200.14	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				922.84	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2348	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (50 lt.)						
CEMENTO				14.57	Kg	
AGUA				10.01	Lts	
AGREGADO FINO				46.69	Kg	
AGREGADO GRUESO				46.14	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
C	1.0			C	1.0	
A.F	3.20			A.F	3.13	
A.G	3.17			A.G	3.60	
H2o	29.2			H2o	29.2	

Figura 9: Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ optimizado – patrón

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – 0.4% ADITIVO NANOSILICE

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.02	1.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.84	0.2	1.0	1318.0	1535.0
NANOSILICE 0.4%	1.03					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			2 1/2	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.652		
4	AGUA			190		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.3475		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			291.410	Kg/m ³	6.9	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.0934	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.1900	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	0.303
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3495	m ³ /m ³	0.697
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3475	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				190.00	Lt/m ³	
AGREGADO FINO				922.68	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				921.00	Kg/m ³	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 0.4% del peso del cemento)				1.166	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2326	Kg/m ³	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				922.84	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				0.30	2.8	
AGREGADO GRUESO				0.80	7.4	
					10.1	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					200.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				200.14	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				922.84	Kg/m ³	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 0.4% del peso del cemento)				1.166	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2349	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (50 lt.)						
CEMENTO				14.57	Kg	
AGUA				10.01	Lts	
AGREGADO FINO				46.69	Kg	
AGREGADO GRUESO				46.14	Kg	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 0.4% del peso del cemento)				58.3	g	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	1.0		C	1.0		
A.F	3.20		A.F	3.13		
A.G	3.17		A.G	3.60		
H2o	29.2		H2o	29.2		

Figura 10: Diseño de mezcla optimizado con 0.4% de aditivo nanosilice.

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – 0.9% ADITIVO NANOSILICE

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.02	1.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.84	0.2	1.0	1318.0	1535.0
NANOSILICE 0.9%	1.03					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			4 1/2	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.652		
4	AGUA			190		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.3475		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			291.410	Kg/m ³	6.9	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.0934	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.1900	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
						0.303
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3495	m ³ /m ³	0.697
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3475	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				190.00	Lt/m ³	
AGREGADO FINO				922.68	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				921.00	Kg/m ³	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 0.9% del peso del cemento)				2.623	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2328	Kg/m ³	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				922.84	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				0.30	2.8	
AGREGADO GRUESO				0.80	7.4	
					10.1	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					200.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				200.14	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				922.84	Kg/m ³	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 0.9% del peso del cemento)				2.623	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2351	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (50 lt.)						
CEMENTO				14.57	Kg	
AGUA				10.01	Lts	
AGREGADO FINO				46.69	Kg	
AGREGADO GRUESO				46.14	Kg	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 0.9% del peso del cemento)				131.1	g	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	1.0		C	1.0		
A.F	3.20		A.F	3.13		
A.G	3.17		A.G	3.60		
H2o	29.2		H2o	29.2		

Figura 11: Diseño de mezcla optimizado con 0.9% de aditivo nanosilice

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

DISEÑO DE MEZCLA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – 1.3% ADITIVO NANOSILICE

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.02	1.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.84	0.2	1.0	1318.0	1535.0
NANOSILICE 1.3%	1.03					
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			7	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.652		
4	AGUA			190		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.3475		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			291.410	Kg/m ³	6.9	Bls/m ³
Volumen absoluto del cemento				0.0934	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.1900	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.303
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3495	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3475	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				190.00	Lt/m ³	
AGREGADO FINO				922.68	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				921.00	Kg/m ³	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 1.3% del peso del cemento)				3.788	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2329	Kg/m ³	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				922.84	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				0.30	2.8	
AGREGADO GRUESO				0.80	7.4	
					10.1	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					200.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				291.41	Kg/m ³	
AGUA				200.14	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				933.75	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				922.84	Kg/m ³	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 1.3% del peso del cemento)				3.788	Kg/m ³	
PESO DE MEZCLA				2352	Kg/m ³	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (50 lt.)						
CEMENTO				14.57	Kg	
AGUA				10.01	Lts	
AGREGADO FINO				46.69	Kg	
AGREGADO GRUESO				46.14	Kg	
ADITIVO NANOSILICE (dosis 1.3% del peso del cemento)				189.4	g	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	1.0		C	1.0		
A.F	3.20		A.F	3.13		
A.G	3.17		A.G	3.60		
H2o	29.2		H2o	29.2		

Figura 12: Diseño de mezcla optimizado con 1.3% de aditivo nanosilice

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Objetivo específico 1: Determinar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar su trabajabilidad en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Reseña del ensayo de Slump: Para medir el slump de cada mezcla, primero se hizo el mismo diseño (en cuanto agregados, agua y cemento) para las 4 mezclas, la única variación para cada diseño fue el porcentaje de aditivo nanosilice que se añadió en cada mezcla. Los porcentajes agregados fueron 0.4%, 0.9% y 1.3% de aditivo según el peso del cemento, además del diseño patrón. Para la determinación del primer objetivo, pasamos a vaciar cada mezcla en el cono de Abrams, la cual consistió en hacer 3 capas de concreto, la cual en cada capa se “chusea” o golpea con una varilladle 5/8” de diámetro para un mejor asentamiento del concreto. Por medio de este ensayo se pudo medir el asentamiento, consistencia y cuanto manejable es el concreto, este ensayo se realizó cuando el concreto se encontraba en estado fresco y se ejecutó bajo la normativa ASTM 143-78 y la NTP.339.035.



Figura N°13: Slump de la mezcla patrón **Figura N 14°:** Slump con 1.3% N.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°24: Resultados del ensayo para medir la consistencia del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resultado de ensayo de Slump		
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Slump (")	Consistencia
Patron (0%)	2	Seca
0.4 % Nanosilice	2.5	Plastica
0.9% Nanosilice	4.5	Plastica
1.3 % Nanosilice	7	Levemente fluido

Fuente: Elaboración propia

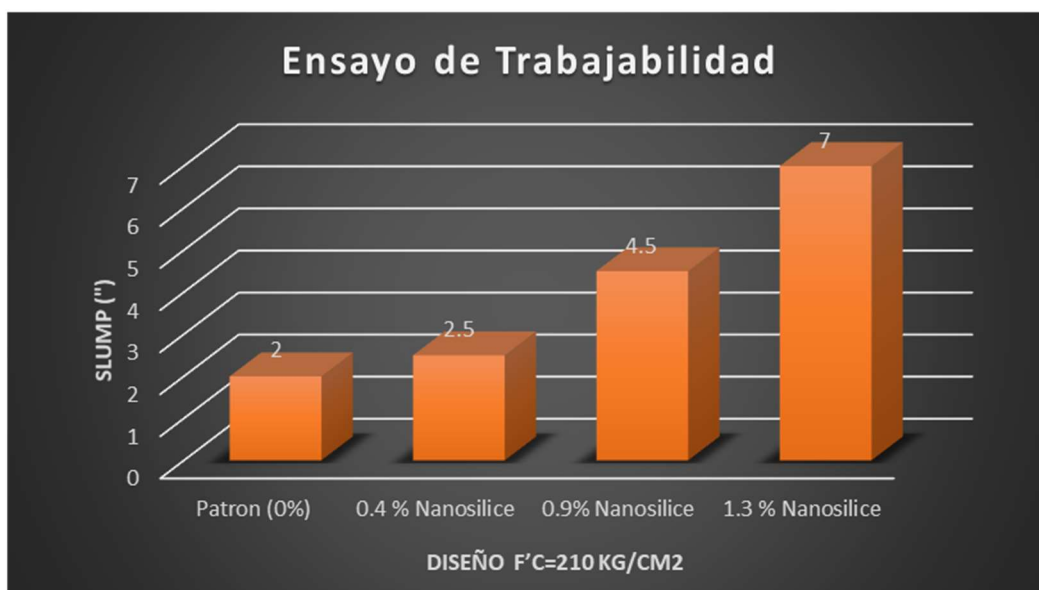


Figura 15: Ensayo de trabajabilidad (Slump) – patrón, 0.4 %, 0.9% y 1.3%

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico 15, describe la variación del slump del concreto tanto patrón y con aditivo nanosilice según los porcentajes respectivos. El diseño realizado es de $f'c=210$ kg/cm², como se observa en la gráfica, se aprecia que el concreto patrón arrojó un slump de 2" obteniendo una consistencia seca, a medida que se añadió un mayor porcentaje de aditivo, ésta fue mejorando relativamente arrojando el mejor resultado un slump de 7" con 1.3 % de nanosilice, obteniendo una consistencia levemente fluida.

Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de $f'c=210$ kg/cm², Lima 2021

Reseña del ensayo de resistencia a compresión:

Para este ensayo, se prosiguió con el vaciado de los diseños mencionados en el objetivo 1 directamente hacia las probetas cilíndricas con dimensiones de 10x20 cm, las cuales se tuvo una muestra de 36 probetas siendo evaluadas a los 7, 14 y 28 días de edad. El ensayo a la resistencia a compresión (propiedad más

fundamental del concreto) es considerado como el más importante debido que permite determinar la resistencia de nuestros testigos (este caso probetas de concreto), por la cual son sometidas a esfuerzos de compresión, el ensayo en mención se ejecutó bajo las normativas ASTM C31, ASTM C39 y NTP. 339.034 para una mayor confiabilidad en los resultados arrojados.



Figura N° 16: Vaciado en probetas 10X20cm

Fuente: Elaboración propia

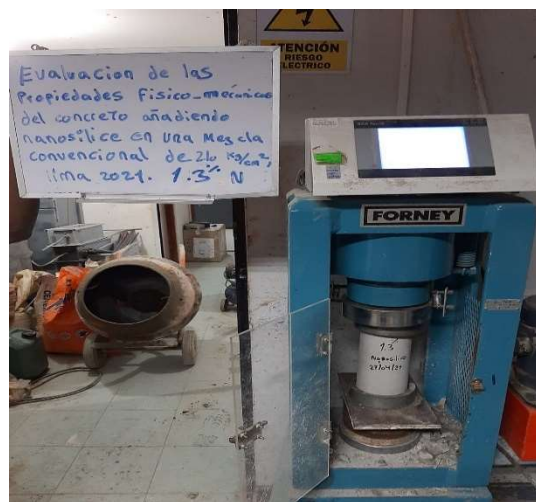


Figura N° 17: Ensayo a compresión

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Resultados de la resistencia a compresión del concreto patrón – 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F'c Diseño kg/cm ²	% F'c	Promedio (kg/cm ²)
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	4/05/2021	7	78.5	189.7	210.0	90.3	192.31
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	4/05/2021	7	78.5	195.6	210.0	93.1	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	4/05/2021	7	78.5	191.6	210.0	91.3	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	11/05/2021	14	78.5	206.1	210.0	98.1	204.7
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	11/05/2021	14	78.5	204.4	210.0	97.3	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	11/05/2021	14	78.5	203.5	210.0	96.9	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	25/05/2021	28	78.5	219.35	210.0	104.5	221.22
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	25/05/2021	28	78.5	223.14	210.0	106.3	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	25/05/2021	28	78.5	221.17	210.0	105.3	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 26: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 0.4% Nanosilice
– 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ESFUERZO kg/cm2	% F'c	Promedio (kg/cm2)
0.4% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	215.45	102.6	217.44
0.4% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	219.69	104.6	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	217.19	103.4	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	235.80	112.3	237.63
0.4% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	237.67	113.2	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	239.4	114.0	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	258.67	123.2	258.00
0.4% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	255.39	121.6	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	259.93	123.8	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 27: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 0.9% Nanosilice
– 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ESFUERZO kg/cm2	% F'c	Promedio (kg/cm2)
0.9% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	219.7	104.6	221.3
0.9% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	223.6	106.5	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	220.4	105.0	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	241.4	115.0	240.2
0.9% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	238.8	113.7	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	240.4	114.5	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	263.2	125.3	265.3
0.9% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	267.0	127.1	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	265.7	126.5	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 28: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 1.3% Nanosilice – 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ESFUERZO kg/cm ²	% F ^c	Promedio (kg/cm ²)
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	229.4	109.2	230.0
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	228.8	108.9	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	231.9	110.4	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	253.7	120.8	250.6
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	248.1	118.1	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	250.0	119.0	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	284.7	135.6	284.2
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	282.0	134.3	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	285.9	136.1	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 29: Resultados de la resistencia a compresión – N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%

Concreto f ^c = 210 kg/cm ²		Dosificación (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%)			
		Concreto Patron	0.4% aditivo nanosilice	0.9% aditivo nanosilice	1.3% aditivo nanosilice
EIDADES	7d	192.31	217.44	221.3	230.00
	14d	204.7	237.63	240.2	250.6
	28d	221.22	258.00	265.3	284.2

Fuente: Elaboración propia.

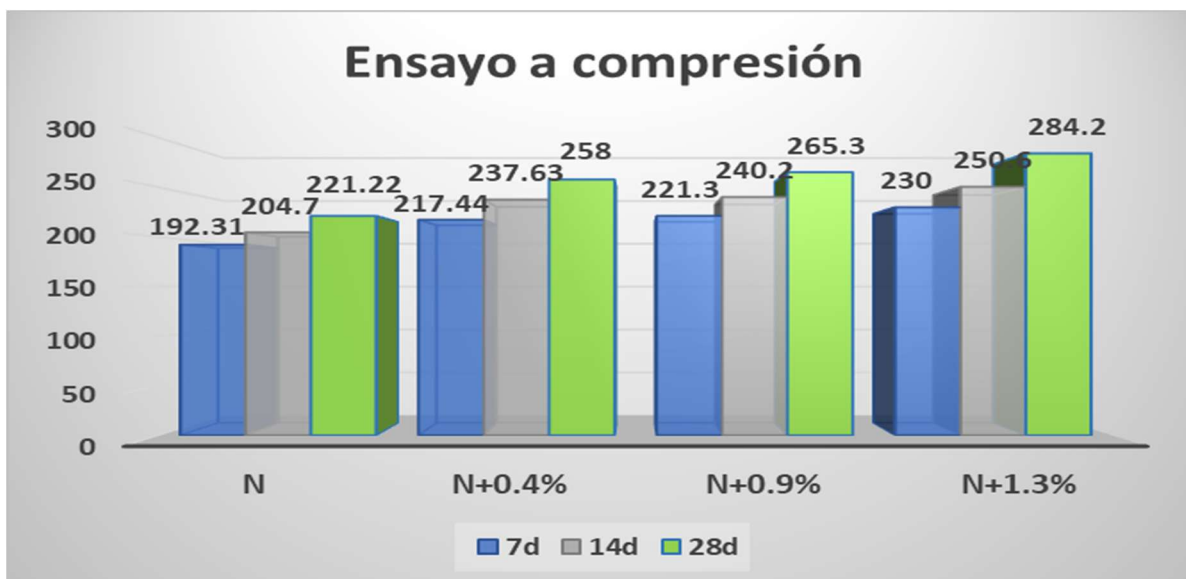


Figura 18: Resumen de los ensayos a compresión promedio (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la figura 18, describe una comparación entre la resistencia a compresión de todos los diseños (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) obtenidas a los 7, 14 y 28 días. Se aprecia que el concreto patrón tuvo una resistencia de 192.3 kg/cm² a los 7d, y a los 28 días aumento un 15.029% su resistencia inicial arrojando una resistencia de 221.2 kg/cm². De la misma manera se analizó al diseño N+0.4%, obteniendo una resistencia de 217.44 kg/cm² a los 7d de su dosificación, y a los 28d aumento un 18.653% su resistencia inicial arrojando un valor de 258 kg/cm². Con el tercer diseño (N+0.9%), tenemos como resistencia a los 7d de su dosificación un valor de 221.3 kg/cm², y como resistencia final a los 28d una resistencia de 265.3 kg/cm² aumentando un 19.882% su resistencia inicial. Por último, en el diseño N+ 1.3%, a los 7d se obtuvo una resistencia de 230 kg/cm², mientras que a los 28d su resistencia inicial aumento en un 23.57% arrojando un valor de 284.2 kg/cm², siendo este el máximo valor arrojado de todos los resultados.

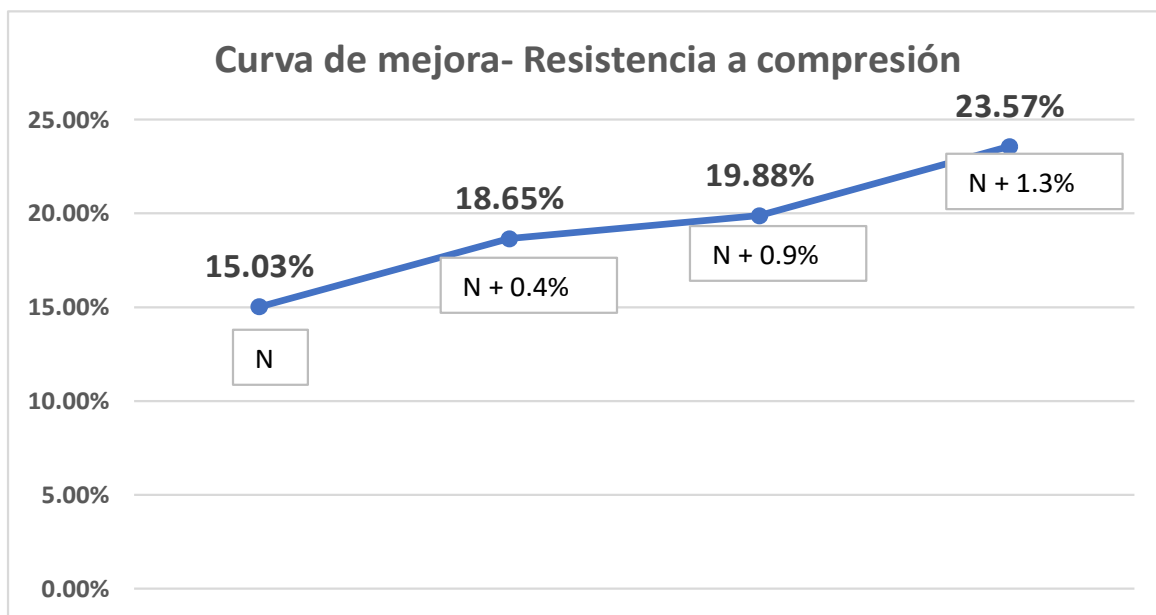


Figura 19: Curva de mejora de la resistencia a compresión para todas las dosificaciones (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%)

Fuente: Elaboración propia

De la figura Y, se aprecia que existe una mejora a manera que se le añade mayor porcentaje de aditivo nanosilice, siendo el mejor resultado para mejorar la resistencia a compresión del concreto, un 1.3% de aditivo nanosilice ya que aumento su resistencia inicial en un 23.57%.

Objetivo específico 3: Determinar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Reseña del ensayo de resistencia a flexión:

Para este ensayo se hizo los mismos diseños (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) que se realizaron anteriormente, y ahora el vaciado se hace en vigas prismáticas de 10x10x35 cm, teniendo un total de 36 vigas como muestra. En este ensayo se determinó la resistencia a flexión (módulo de rotura) de nuestros testigos, por la cual son sometidas a esfuerzos de tensión, el ensayo en mención se ejecutó bajo las

normativas ASTM C.293 y ASTM C78 para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos mediante este ensayo.



Figura N°20: Ensayo a flexión 14 –N+1,3%

Fuente: Elaboración propia



Figura N°21: Ensayo a flexión (N+0.4%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30: Resultados de la resistencia a flexión del concreto patrón – 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	MÓDULO DE ROTURA	Promedio
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	4/05/2021	7 días	33 kg/cm ²	33 kg/cm ²
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	4/05/2021	7 días	34 kg/cm ²	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	4/05/2021	7 días	32 kg/cm ²	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	11/05/2021	14 días	36 kg/cm ²	36 kg/cm ²
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	11/05/2021	14 días	37 kg/cm ²	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	11/05/2021	14 días	37 kg/cm ²	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	25/05/2021	28 días	40 kg/cm ²	40 kg/cm ²
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	25/05/2021	28 días	40 kg/cm ²	
PATRÓN f'c 210	27/04/2021	25/05/2021	28 días	41 kg/cm ²	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 31: Resultados de la resistencia a flexión añadiendo 0.4% Nanosilice – 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	MÓDULO DE ROTURA	Promedio
0.4% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	34 kg/cm2	34 kg/cm2
0.4% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	34 kg/cm2	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	33 kg/cm2	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	37 kg/cm2	38 kg/cm2
0.4% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	39 kg/cm2	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	39 kg/cm2	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	42 kg/cm2	42 kg/cm2
0.4% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	42 kg/cm2	
0.4% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	43 kg/cm2	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 32: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 0.9% Nanosilice – 7, 14 y 28 días

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	MÓDULO DE ROTURA	Promedio
0.9% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	36 kg/cm2	35 kg/cm2
0.9% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	34 kg/cm2	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	34 kg/cm2	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	39 kg/cm2	39 kg/cm2
0.9% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	39 kg/cm2	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	40 kg/cm2	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	44 kg/cm2	44 kg/cm2
0.9% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	44 kg/cm2	
0.9% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	43 kg/cm2	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 33: Resultados de la resistencia a compresión añadiendo 1.3% Nanosilice – 7, 14 y 28 días.

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	MÓDULO DE ROTURA	Promedio
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	35 kg/cm2	35 kg/cm2
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	35 kg/cm2	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	35 kg/cm2	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	40 kg/cm2	40 kg/cm2
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	40 kg/cm2	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	41 kg/cm2	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	45 kg/cm2	45 kg/cm2
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	45 kg/cm2	
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	44 kg/cm2	

Fuente: Laboratorio MTL Geotecnia

Tabla N° 34: Resultados de la resistencia a flexión – N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%

Concreto f'c= 210 kg/cm2		Dosificación (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%)			
		Concreto Patron	0.4% aditivo nanosilice	0.9% aditivo nanosilice	1.3% aditivo nanosilice
EDADES	7d	33.00	34.00	35.00	35.00
	14d	36.00	38.00	39.00	40.00
	28d	40.00	42.00	44.00	45.00

Fuente: Elaboración propia

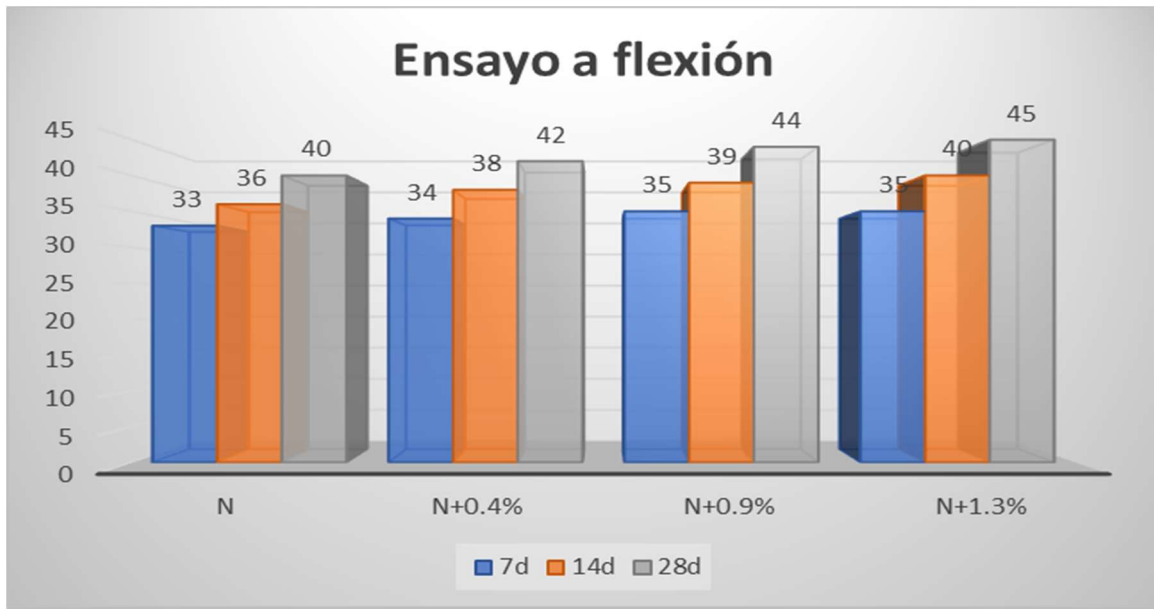


Figura 22: Resumen de los ensayos a flexión promedio (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la misma manera que el objetivo anterior, en esta figura describe una comparación entre la resistencia a flexión de todos los diseños (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%) obtenidas a los 7, 14 y 28 días. Se aprecia que el concreto patrón tuvo un módulo de rotura de 33 kg/cm² a los 7d, y a los 28 días aumento un 21.21% su resistencia inicial arrojando una resistencia de 40 kg/cm². De la misma manera se analizó al diseño N+0.4%, obteniendo un módulo de rotura de 34 kg/cm² a los 7d de su dosificación, y a los 28d aumento un 23.52% su resistencia inicial arrojando un valor de 42 kg/cm². Con el tercer diseño (N+0.9%), tenemos como módulo de rotura a los 7d de su dosificación un valor de 35 kg/cm², y como resistencia final a los 28d una resistencia de 44 kg/cm² aumentando un 25.71% su resistencia inicial. Por último, en el diseño N+ 1.3%, a los 7d se obtuvo una resistencia de 35 kg/cm², mientras que a los 28d su resistencia inicial aumento en un 28.57% arrojando un valor de 45 kg/cm².

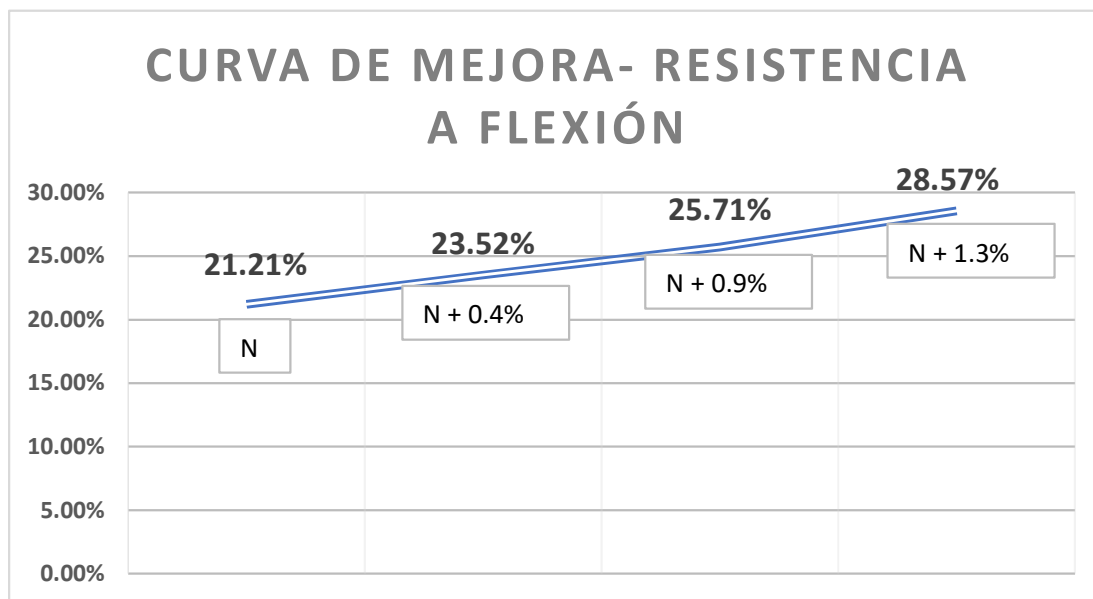


Figura 23: Curva de mejora de la resistencia a flexión para todas las dosificaciones (N, N+0.4%, N+0.9%, N+1.3%)

Fuente: Elaboración propia

De la figura 23, se aprecia que existe una mejora a manera que se le añade mayor porcentaje de aditivo nanosilice, siendo el mejor resultado para mejorar la resistencia a flexión del concreto, un 1.3% de aditivo nanosilice debido que aumento su resistencia inicial en un 28.57%.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar su trabajabilidad en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Antecedente: Cáceres y Reyes. (2019) en su investigación titulada “Uso del aditivo Sika plastiment HE-98 para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ Lima, 2019”, planteó mejorar la trabajabilidad del concreto mediante el aditivo en mención.

En esta investigación se realizó 4 diseños de mezcla (el patrón, N+0.5%, N+0.8%, N+1%), la cual mejoró la trabajabilidad del concreto, aumentando de 1.5 a 4.75 pulgadas de slump. En la investigación se encontró una relación que es directamente proporcional entre el el % de aditivo Sika plastiment HE-98 (respecto al peso del cemento) y su asentamiento. El mejor resultado tuvo un revenimiento de 4.75 pulgadas de slump, añadiendo 1% del aditivo Sika plastiment HE-98, aumentando 316% respecto al concreto patrón, teniendo una notable diferencia respecto a las otras mezclas. El concreto patrón (0% de aditivo) tuvo un asentamiento de 1.5 pulgadas de slump. Al agregarse un 0.5% de aditivo Sika, el asentamiento aumento en un 33.33, arrojando un slump de 2 pulgadas. Por último, Con un 0.8% del aditivo se obtuvo un asentamiento de 3.25 pulgadas de slump, por lo que aumentó un 116% respecto al asentamiento del concreto patrón. Concluyendo que la aplicación de este aditivo fue beneficiosa para el mejoramiento del asentamiento del concreto.

Resultados:

Según nuestros resultados, se evidencia que el concreto patrón arrojó un asentamiento de 2” obteniendo una consistencia seca. Con un 0.4% de aditivo nanosilice, aumentó en un 25% respecto al concreto patrón, arrojando un slump de 2.5 pulgadas. Con un 0.9% de nanosilice, se obtuvo un asentamiento de 4.5 pulgadas por lo que aumentó un 225% respecto al patrón. Por último, el mejor resultado arrojó un slump de 7” con 1.3 % de nanosilice aumentando en un 300% respecto al patrón, a medida que se añadió un mayor porcentaje de aditivo, ésta fue mejorando relativamente.

Comparación: Según el antecedente en mención, el aditivo Sika plastiment HE-98, tiende a mejorar la trabajabilidad del concreto al incrementar un mayor % de aditivo, tal como se demuestra en nuestra investigación que al incrementar dosificaciones de aditivo nanosilice en la mezcla, esto ayuda a mejorar la trabajabilidad del concreto, siendo similar al antecedente Cáceres y Reyes.

Objetivo 2: Determinar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021.

Antecedente: Molina y Chara (2017) en su investigación titulada *“Influencia de la adición de nanosilice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa”*, en esta investigación se realizaron 4 diseños de alta resistencia ($f'c= 420, 500, 600 \text{ y } 700 \text{ kg/cm}^2$) añadiendo ,0.8%, 1.0% y 1.2% de aditivo nanosilice para cada diseño según el peso del cemento.⁴³

Los resultados obtenidos del antecedente se dieron de la siguiente manera: El concreto de 420 kg/cm^2 obtuvo su mayor resistencia a compresión con 1.2% de nanosilice, las cuales aumento un 59.76% respecto al patrón llegando a 670.98 kg/cm^2 . Para el concreto de 500 kg/cm^2 aumento en un 44.31%, arrojando un valor de 721.54 kg/cm^2 . Mientras que la tercera dosificación de 600 kg/cm^2 aumento en un 26.04% obteniendo una resistencia de 756.22 kg/cm^2 . Por último, el diseño de 700 kg/cm^2 aumentó en 12.62%, arrojando un valor de 733.34 kg/cm^2 .

Resultados:

Según nuestros resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días. Se evidencia que el concreto patrón tuvo una resistencia a los 28 días de 221.2 kg/cm^2 las cuales aumentó en un 15.029% respecto a su resistencia inicial (192.31) de 7 días de edad. El diseño con 0.4% de aditivo nanosilice obtuvo una resistencia de 258 kg/cm^2 a los 28 días de edad, aumentando un 18.653% su resistencia inicial (217.44 kg/cm^2). Con el tercer diseño añadiendo 0.9% de aditivo, tenemos como resistencia a los 7d de su dosificación un valor de 221.3 kg/cm^2 , y a los 28d una resistencia de 265.3

kg/cm² aumentando un 19.882% su resistencia inicial. Con el ultimo diseño de 1.3% de aditivo, a los 7d se obtuvo una resistencia de 230 kg cm/2, y a los 28d su resistencia inicial aumento en un 23.57% arrojando un valor de 284.2 kg/cm², siendo este el máximo valor arrojado de todos los resultados.

Comparación: Según el antecedente en mención, añadiendo el aditivo nanosilice, tiende a mejorar la resistencia a compresión del concreto al incrementar un mayor % de aditivo, de la misma manera se dio en la presente investigación el aditivo ayudo a mejorar la resistencia a compresión del concreto por lo que simila al antecedente mencionado anteriormente, se difiere que la resistencia a compresión es directamente proporcional al aditivo nanosilice.

Objetivo 3: Determinar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de $f'c=210$ kg/cm², Lima 2021.

Antecedente: Velásquez (2019) en su investigación titulada *“Propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado con nanosilice para los hospitales de Lima Metropolitana - 2019”* de la Universidad Cesar Vallejo, realizó un diseño de 350 kg/cm² añadiendo 0.5%, 1.0% y 1.5% de aditivo nanosilice en la mezcla con una relación A/C de 0.4.

Los resultados obtenidos del antecedente en mención fueron los siguientes: el concreto patrón llego a un módulo de rotura de 53.69 kg/cm², mientras que con un 0.5% de aditivo esta aumenta en un 3.07% arrojando un módulo de rotura de 55.34 kg/cm². Con 1% de aditivo nanosilice, ésta aumenta un 5.07% su resistencia a flexión inicial arrojando un módulo de rotura de 56.41 kg/cm². Por último, con 1.5% de aditivo nanosilice aumento en un 6.11%, arrojando un módulo de rotura de 56.97 kg/cm².

Resultados:

Según los resultados obtenidos de mi investigación, el módulo de rotura del concreto patrón arrojó un valor de 33 kg/cm² y a los 28 días de edad obtuvo 40 kg/cm². Con 0.4% de aditivo, el módulo de rotura a los 7 días fue de 34 kg/cm², mientras que a

los 28d llegó a los 42 kg/cm². Añadiendo 0.9% de aditivo nanosilice, a los 7 días obtuvo un módulo de rotura de 35 kg/cm² y a los 28 días, ésta llegó a los 44 kg/cm². Por último, con 1.3% de aditivo nanosilice, a los 7 días arrojó un módulo de rotura de 35 kg/cm², y a los 28 días llegó a los 45 kg/cm², siendo este el mejor resultado de los ensayos a flexión, los cuales aumentó un 21.21%, 23.52%, 25.71 y 28.57% respectivamente.

Comparación: Según el antecedente en mención, añadiendo el aditivo nanosilice, tiende a mejorar la resistencia a flexión del concreto al incrementar un mayor % de aditivo, de la misma manera se dio en la presente investigación el aditivo ayudó a mejorar la resistencia a flexión del concreto por lo que es similar a los resultados del antecedente mencionado anteriormente, se difiere que la resistencia a flexión (módulo de rotura) es directamente proporcional al aditivo nanosilice.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general:

En la presente investigación, se evaluó que el aditivo nanosílice influya en las propiedades físico-mecánicas del concreto, de tal manera que mejoran estas propiedades en una mezcla convencional de 210 kg/cm^2 , se observó y evaluó en lo siguiente: 1) Al mejorar la trabajabilidad del concreto 2) Al aumentar su resistencia a compresión 3) Al aumentar su resistencia a flexión.

Objetivo 1:

Se estableció la dependencia del porcentaje de aditivo nanosilice en los ensayos de asentamiento (Cono de Abrams), ya que influyó en un aumento de 5" de slump, pasando de 2" (concreto patrón) a 7" de slump mediante la incorporación de 1.3% de aditivo nanosilice. Por lo tanto, el mejoramiento observado se debe a la influencia del aditivo y está directamente en relación con los porcentajes propuestos en esta investigación, respecto al asentamiento lo cual queda comprobado por medio de los resultados.

Objetivo 2:

Se estableció la dependencia del porcentaje de aditivo nanosilice en la resistencia a compresión, ya que ésta influyó en un incremento del 28.48% de resistencia, pasando de 221.2 kg/cm^2 (7 días de edad), a 284.2 kg/cm^2 (28 días de edad) añadiendo 1.3% de aditivo nanosilice. Por lo tanto, existe una influencia de mejoramiento con el aditivo nanosilice, de tal manera que está directamente relacionado con los porcentajes propuestos en esta investigación respecto a la resistencia a compresión, siendo los resultados un aval de lo mencionado.

Objetivo 3

Se estableció la dependencia del porcentaje de aditivo nanosilice en la resistencia a flexión, ya que ésta influyó en un incremento del 12.5% de módulo de rotura, pasando de 40 kg/cm^2 (7 días de edad), a 45 kg/cm^2 (28 días de edad) añadiendo 1.3% de aditivo nanosilice. Por lo tanto, existe una influencia de mejoramiento con el aditivo nanosilice, de tal manera que está directamente relacionado con los porcentajes propuestos en esta investigación respecto a la resistencia a flexión, lo cual está comprobado mediante los resultados obtenidos en laboratorio.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo específico 1:

En la presente investigación se eligió porcentajes de aditivo nanosilice que iban desde un 0.4% hasta un 1.3%, las cuales en todas se logró aumentar el asentamiento del concreto. Para futuras investigaciones, se recomienda utilizar valores mayores a 1.3% de aditivo nanosilice y encontrar la curva del % óptimo de aditivo.

Objetivo específico 2:

Al elegir porcentajes de aditivo nanosilice que va de un 0.4% hasta un 1.3%, las cuales se obtuvo un incremento con el 1.3% de aditivo nanosilice en la resistencia a compresión, aumentó en un 28.48% comparados con el concreto patrón, por lo que se recomienda utilizar en las próximas investigaciones porcentajes que varíen entre 1.5% a 3% de aditivo para encontrar la curva del porcentaje óptimo de aditivo nanosilice.

Objetivo específico 3:

De la misma manera que el objetivo 2, se eligió los mismos porcentajes de aditivo nanosilice que va de un 0.4% hasta un 1.3%, las cuales se obtuvo un incremento con el 1.3% de aditivo nanosilice aumentando en un 12.5% en la resistencia a flexión comparados con el concreto patrón, por lo que se recomienda utilizar en las próximas investigaciones porcentajes que varíen entre 1.5% a 3% de aditivo para encontrar la curva del porcentaje óptimo de aditivo nanosilice.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LEON, Néstor. *Influencia de la adición de nano sílice en el hormigón autocompactante*. [en línea]. Tesis de titulación. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2012. [Consultado 15 setiembre del 2020]. Disponible en: <http://oa.upm.es/13798/>
2. NAVARRO Ellerly, FORERO Horacio. *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono*. [en línea]. Trabajo de Grado Tecnología en Construcciones Civiles. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2017. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6265/1/NavarroJimenezEllerlyAlejandro2017.pdf>
3. AGUILAR Rebeca. *Determinación de la influencia de las nanomoléculas de sílice en el concreto frente a un factor que afecta su durabilidad*. [en línea]. Tesis de titulación. Valdivia: Universidad Austral de Chile. 2007. [Consultado el 16 setiembre 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia2831d/doc/bmfcia2831d.pdf>
4. CACERES Karen, REYES Sheila. *Uso del aditivo Sika plastiment HE-98 para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . [en línea]. Tesis de titulación. Lima: Universidad César Vallejo. 2019. [Consultado 15 setiembre 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/45535>
5. CABALLERO, Pamela . *Optimización del concreto mediante la adición de nanosílice, empleando agregados de la cantera de Añashuayco de Arequipa*. [en línea]. Tesis de titulación. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. 2019. [Consultado 16 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10500>
6. APAZA Víctor, QUISPE Katherine. *Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono*. [en línea]. Tesis de titulación. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. 2019. [Consultado 16 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4772>
7. AHMED Adel (2017). *An Experimental Study of High-Performance Concrete Using Metakaolin Additive and Polymer Admixture*. United Kingdom. Manchester: University of Salford. 2017
8. NIKDEL Amirhossein (2014). *Mechanical Properties of Concrete Containing Quartz Powder as a Filler Instead of Using Silica Fume*. Cyprus. Gazimağusa: Eastern Mediterranean University. 2014
9. SCHAEFER Carolyn (2017). *Irradiated Recycled Plastic as a Concrete Additive for Improved Chemo-mechanical Properties in Hardened Cement Pastes*. USA. Cambridge. Massachusetts Institute of Technology. 2017
10. ARAMAYO Arnaldo, AMAYO Marcelo, PANIAGUA Deibit (2014). *Hormigón con nanotecnología*. Bolivia. Sucre: Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. 2014
11. ARAOS, LEÓN, DENARDIN, LAVÍN (2013). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de hormigón con dopamiento de Nanotubos de Carbono*. Chile. Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile. 2013

12. TÉLLEZ, MARTÍN, PÉREZ, VERDECIA (2012). *Reología, comportamiento físico-mecánicos y de durabilidad de hormigones con nanosílice*. Cuba. Ciudad de la Habana: Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción.2012
13. NEVILLE, BROOKS (2010). *Concrete Technology*. Second Edition.England:Pearson Education Limited.2010. ISBN:9780273732198.p2
14. IMCYC (2004). *Propiedades del concreto*. México: Instituto Mexicano del cemento y del concreto.2004.p.4
15. SHETTY M.S (2000). *Concrete technology theory and practice*.India: S. CHAND & COMPANY LTD,2000.p.66
16. SHETTY M.S (2000). *Concrete technology theory and practice*.India: S. CHAND & COMPANY LTD,2000.p.29
17. SHETTY M.S (2000). *Concrete technology theory and practice*.India: S. CHAND & COMPANY LTD,2000.p.145
18. NEVILLE, BROOKS (2010). *Concrete Technology*. Second Edition.England:Pearson Education Limited.2010. ISBN:9780273732198.p77
19. SHETTY M.S (2000). *Concrete technology theory and practice*.India: S. CHAND & COMPANY LTD,2000.p.298
20. GÓMEZ Jorge. *Materiales de construcción*. México. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores.p.112
21. POKROPIVNY, LOHMUS, HUSSAINOVA, POKROPIVNY, VLASSOV. *Introduction to nanomaterials and nanotechnology*. Estonia. Tartu: Tallinn Technical University.2007.p.7
22. ABD Sada. *The use of Nanotechnology in construction sector*. [en línea]. Irak.University Al-Qadisiya.2013. [Consultado el 13 de noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317477556_The_use_of_Nanotechnology_in_construction_sector
23. RÍOS Roi, BENITO José (2012). *Nuevos materiales y sistemas para la ejecución*. p.8
24. Journal of Research and Development. Applied research. [en línea]. Hamdark University. [Consultado el 29 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.longdom.org/scholarly/applied-research-journals-articles-ppts-list-182.html>
25. ARIAS, Fidas (2006). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Venezuela: Editorial Episteme. ISBN: 980-07-8529-9.p.35
26. Best and Khan. *Research in Education*. USA: Universidad de Michigan. Prentice-Hall. Ed.5. 1986.p. 52. ISBN:9780137740352
27. Shaughnessy, J.J., Zechmeister, E.B., Zechmeister, J.S. (2000). *Research methods in psychology*. Fifth edition. McGraw-Hill.
28. ARIAS, Fidas (2006). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Venezuela: Editorial Episteme. ISBN: 980-07-8529-9.p.57.párr.6
29. PASQUEL CARBAJAL (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.p.129

30. ARIAS, Fidas (2006). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Venezuela: Editorial Episteme. ISBN: 980-07-8529-9.p.81.párr.2
31. ARIAS, Fidas (2006). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Venezuela: Editorial Episteme. ISBN: 980-07-8529-9.p.83
32. HERNANDEZ, FERNANDEZ, BAPTISTA (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL. ISBN: 978-607-15-0291-9
33. MUHAMMAD Sajjad (2016). *Methods of Data Collection .Basic Guidelines for Research* . Libano. p.202
34. HARADHAN Mohajan. *Two Criteria for Good Measurements in Research: Validity and Reliability*. Premier University Chittagong, Bangladesh. Munich..Alemania.p.1
- 35.HERNANDEZ Sampieri. *Metodología de la investigación*. Sexta Edicion .Mexico : Mexico D.F .2014. .ISBN: 978-1-4562-2396-0.p98
- 36.INEI. *Conociendo Lima: Guia estadística*. Perú: Dirección Nacional de estadística e informática Departamental. 2001. p.22
- 37.INEI. *Conociendo Lima: Guia estadística*. Perú: Dirección Nacional de estadística e informática Departamental. 2001. p.25
38. Yepes (2016). *Propiedades granulométricas de los áridos*. Universidad Politecnica de Valencia. España. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/03/16/propiedades-granulometricas-de-los-aridos/>
39. VELASQUEZ Kennya. *Propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado con nanosilice para los hospitales de Lima Metropolitana – 2019*. [en línea].Tesis de titulación. Lima: Universidad César Vallejo.2019. [Consultado 26 junio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47273>
40. NTP 400.021. *Agregados: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*.2002.p.3
41. *Materiales de construcción. Densidad total (peso unitario) y vacíos en agregados para concreto*. El salvador: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. 2015.p.3
42. Huanca Samuel (2006). *Diseño de mezclas del concreto*. Perú. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. p.2
43. MOLINA Fredy, CHARA Helmut. *“Influencia de la adición de nanosilice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa”*. [en línea].Tesis de titulación. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín.2017.[Consultado 24 junio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2383>

ANEXOS

ANEXO N°1: Matriz de operacionalización

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
V. INDEPENDIENTE	Aditivo nanosilice	Es un aditivo en estado líquido, a base de partículas de tamaño nanométrico. Es un gran reductor de agua, de alta actividad. Las reacciones químicas en el hormigón convierten las nano partículas de silice en nano partículas de cemento. (Rios,2018, p.8)	Con las diferentes dosificaciones de Aditivo nanosilice en 0.4%,0.9% y 1.3% respecto al peso del cemento, se emplearan para los diseños de mezclas con el objetivo de aumentar la resistencia del concreto, mejorar su trabajabilidad y aumentar su resistencia a flexion.	Incorporacion del aditivo nanosilice en gramos (porcentaje según el peso del cemento)	0.4%	Ficha técnica
					0.9%	
					1.3%	
V. DEPENDIENTE	Mejoramiento de las propiedades fisico-mecanicas del concreto	El esquema típico de la estructura interna del concreto endurecido, consiste en el aglomerante, estructura básica, constituida por la pasta de cemento y agua, que aglutina a los agregados gruesos , finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias, en otras palabras no es homogenea, por ende no mantiene sus propiedades en diferentes situaciones.(Pasquel, 1998, p.129)	El concreto en sus dos estados (fresco y endurecido) tiene diferentes propiedades internas de las cuales se tomaron tres para la presente investigación, que son: la trabajabilidad, resistencia de la compresion de concreto y resistencia a la flexion, lo cual se analizará como influye el nanosilice en el concreto. Los datos obtenidos seran plasmados en los formatos respectivos de la NTP y ASTM.	Concreto en estado fresco	Slump	Prueba de Revenimiento (Cono de Abrams) (NTP.339.035)
				Concreto en estado endurecido	Resistencia a compresión	Ensayo de resistencia a la compresion del concreto. (NTP.339.034)
					Resistencia a flexión	Ensayo de resistencia a la flexión del concreto. (NTP.339.078)

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°2: Matriz de consistencia

Título: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021								
Autor: Valenzuela Martínez			Luis Anderson					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLÓGICA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Independiente	Aditivo nanosilice	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Tipo: (Aplicada) Nivel: (Explicativa Causal) Diseño: (Cuasi Experimental) Enfoque: (Cuantitativo) Población: probetas cilíndricas de 10x20 cm y vigas prismáticas de 10x10x30 cm Muestra: 36 probetas y 36 vigas Muestreo: No probabilístico Técnica: Observación Directa. Instrumentos: Formatos de los ensayos realizados.
					D1: Incorporación del aditivo nanosilice en gramos (porcentajes según el peso del cemento)	I1: 0.4% del aditivo respecto al peso del cemento	Ficha Técnica	
¿De que manera influye la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar sus propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021?	Evaluar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar las propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.	La aplicación de nanosilice en el concreto mejorara las propiedades físico-mecánicas en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.				I2: 0.9% del aditivo respecto al peso del cemento		
						I3: 1.3% del aditivo respecto al peso del cemento		
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	Dependiente	Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del concreto	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
					D2: Concreto en estado fresco	I1: slump	Prueba de revenimiento (cono de Abrams)	
¿De que manera influye la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar su trabajabilidad en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021?	Indicar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para mejorar su trabajabilidad en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.	La aplicación de nanosilice en el concreto mejorara la trabajabilidad en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.						
¿De que manera influye la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021?	Indicar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.	La aplicación de nanosilice en el concreto aumenta su resistencia a la compresión en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.						D3: Concreto en estado endurecido
¿De que manera influye la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021?	Indicar la influencia de la aplicación de nanosilice en el concreto para aumentar su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.	La aplicación de nanosilice en el concreto aumenta su resistencia a la flexión en una mezcla convencional de f'c=210 kg/cm2, Lima 2021.		D4: Concreto en estado endurecido	Resistencia a la flexión	Ensayo de resistencia a flexion del concreto		

Tipo: (Aplicada)
 Nivel: (Explicativa Causal)
 Diseño: (Cuasi Experimental)
 Enfoque: (Cuantitativo)
 Población: probetas cilíndricas de 10x20 cm y vigas prismáticas de 10x10x30 cm
 Muestra: 36 probetas y 36 vigas
 Muestreo: No probabilístico
 Técnica: Observación Directa.
 Instrumentos: Formatos de los ensayos realizados.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: Ficha de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Aditivo nanosilice

"Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f'c=210$ kg/cm², Lima 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista: Valenzuela Martínez Luis Anderson

Fecha: Lima, 30 de junio del 2021.

Parte B: Dosificación de aditivo nanosilice

0.4%	
0.9%	
1.3%	

Tesis: Caballero (2019) Nanosilice: 0.6%, 0.8%, 1% y 1.4%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: JORGE AGURTO HERNÁNDEZ

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: INGENIERO CIVIL

N° de Registro CIP: 110499

Firma y Sello

Jorge C. Agurto Hernández
ING. CIVIL
R. CIP. 110499



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Aditivo nanosilice

"Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista: Valenzuela Martínez Luis Anderson

Fecha: Lima, 30 de junio del 2021.

Parte B: Dosificación de aditivo nanosilice

0.4%	
0.9%	
1.3%	

Tesis: Caballero (2019) Nanosilice: 0.6%, 0.8%, 1% y 1.4%

Observaciones: la investigación complementa la tesis de Caballero (2019).

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Maximiliano Valasquez, Elmer Jaime

Especialista: Metodólogo [] Temático [☒]

Grado: Ingeniero [☒] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: INGENIERO CIVIL

N° de Registro CIP: 202148

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Aditivo nanosilice

"Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f'c=210$ kg/cm², Lima 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista: Valenzuela Martínez Luis Anderson

Fecha: Lima, 30 de junio del 2021.

Parte B: Dosificación de aditivo nanosilice

0.4%	
0.9%	
1.3%	

Tesis: Caballero (2019) Nanosilice: 0.6%, 0.8%, 1% y 1.4%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: SANCHEZ ZEGARRA, SEGUNDO ANTONIO

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: INGENIERO CIVIL

N° de Registro CIP: 39668


Firma y Sello

39668

ANEXO 4: Resultados del análisis granulométrico



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

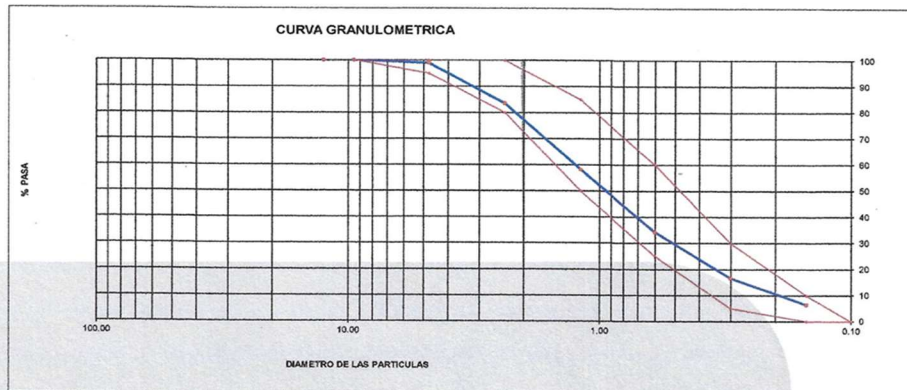
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 26/04/2021

MATERIAL : Agregado fino
PESO INICIAL HUMEDO (g) 785.5
PESO INICIAL SECO (g) 775.9
CANTERA: TRAPICHE
% W = 1.2
MF = 3.02

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	8.1	1.0	1.0	99.0	95 - 100
Nº8	2.38	120.5	15.5	16.5	83.5	80 - 100
Nº16	1.19	196.5	25.3	41.8	58.2	50 - 85
Nº30	0.60	185.9	24.0	65.8	34.2	25 - 60
Nº50	0.30	136.2	17.6	83.4	16.6	05 - 30
Nº100	0.15	78.9	10.2	93.6	6.4	0 - 10
FONDO		49.8	6.4	100.0	0.0	0 - 0



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

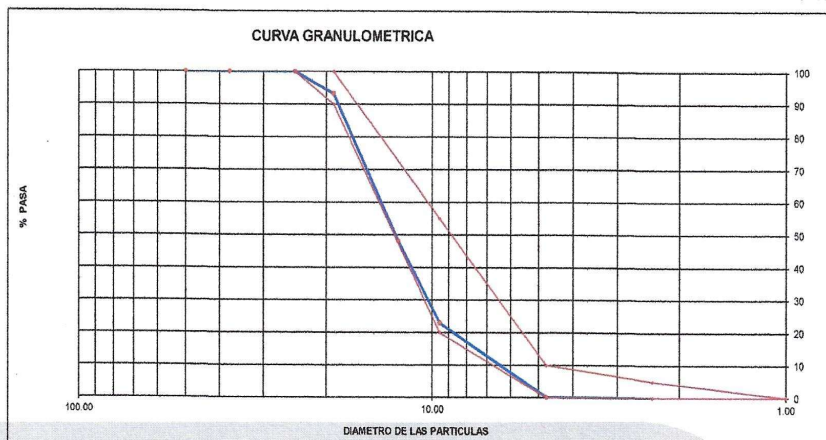
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huamani INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 219406	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LTC-AG-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez		
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021		
UBICACION	: Lima		
MATERIAL	: AGREGADO GRUESO	CANTERA:	TRAPICHE
PESO INICIAL HUMEDO (g)	1,442.00	% W =	0.2
PESO INICIAL SECO (g)	1,438.90	MF =	6.84
		Fecha de ensayo: 28/04/2021	

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.00	98.0	6.7	6.7	93.3	90 - 100
1/2"	12.50	651.0	45.2	51.9	48.1	—
3/8"	9.50	362.0	25.2	77.1	22.9	20 - 55
Nº 4	4.75	328.0	22.7	99.8	0.2	0 - 10
Nº 8	2.36	3.9	0.3	100.1	-0.1	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		0.0	0.0			



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 219406 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 5: Resultado de los pesos unitarios



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código Revisión Aprobado	FOR-LAB-AG-015 1 CC-MTL
-------------------------------------	--	--------------------------------	-------------------------------

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
UBICACIÓN	: Lima
	Fecha de ensayo: 21/01/2021

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6596	6615	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4233	4252	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.534	1.541	1.530

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.535
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7196	7215	7211
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4833	4852	4848
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.751	1.758	1.757

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.755
-----------------------------------	------	-------

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o Glb)	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilica en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
UBICACIÓN	: Lima
Fecha de ensayo: 26/04/2021	

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA: TRAPICHE

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6012	5989	6005
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3649	3626	3642
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.322	1.314	1.320

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.318
--------------------------------------	------	-------




MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6614	6596	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4251	4233	4224
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.540	1.534	1.530

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.535
--	------	-------

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 6: Resultado de peso específico y absorción



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS ASTM C128

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
UBICACION	: Lima
Fecha de ensayo: 26/04/2021	

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : TRAPICHE



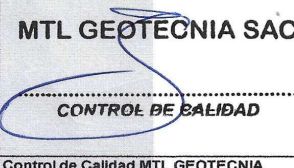
MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	981.98	981.5	981.7
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	671.26	669.8	670.5
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.72	311.7	311.2
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon	g/cc	663.9	662.3	663.10
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	171	169.8	170.40
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	492.9	492.5	492.70
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	497.2	498.2	497.7

RESULTADOS

PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$)	g/cc	2.64	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $500/(V-W)$)	g/cc	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-(500-A)]$)	g/cc	2.75	2.75	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $[(500-A)/A \times 100]$	%	1.5	1.5	1.5

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. ENSAJO DE MATERIALES Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 21946 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 7: Resultado de gravedad específica de sólidos



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM C127

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
UBICACION	: Lima
Fecha de ensayo: 26/04/2021	

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1590.0	1572.0	1581.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2536.0	2508.0	2522.0
3	Peso muestra Seco	C	g	2511.0	2483.0	2497.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.68	2.68	2.68
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.65	2.65	2.65
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.73	2.73	2.73
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100		%	1.0	1.0	1.0

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 8: Resultado del diseño de mezcla



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS : Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$,
Lima 2021
UBICACIÓN : Lima
Fecha de ensayo: 27/04/2021

$f_c 210 \text{ kg/cm}^2$						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	3.02	1.2	1.5	1535.0	1755.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.84	0.2	1.0	1318.0	1535.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO	2				
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL	3/4"				
3	RELACION AGUA CEMENTO	0.652				
4	AGUA	190				
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %	2.0				
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.3475				
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO						
	Volumen absoluto del cemento	291.410		Kg/m ³	6.9	Bls/m ³
	Volumen absoluto del Agregado fino	0.0934		m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Agua	0.1900		m ³ /m ³		
	Volumen absoluto del Aire	0.0200		m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
	Volumen absoluto del Agregado fino	0.3495		m ³ /m ³		0.303
	Volumen absoluto del Agregado grueso	0.3475		m ³ /m ³		0.697
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
						1.00
C) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO	291.41		Kg/m ³		
	AGUA	190.00		Lit/m ³		
	AGREGADO FINO	922.68		Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	921.00		Kg/m ³		
D) PESO DE MEZCLA						
CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO	933.75		Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO	922.84		Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO	0.30		Lts/m ³	2.8	
	AGREGADO GRUESO	0.80		Lts/m ³	7.4	
					10.1	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				200.1	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO	291.41		Kg/m ³		
	AGUA	200.14		Lts/m ³		
	AGREGADO FINO	933.75		Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	922.84		Kg/m ³		
G) PESO DE MEZCLA						
CANTIDAD DE MATERIALES (50 lt.)						
	CEMENTO	2348		Kg/m ³		
	AGUA	14.57		Kg		
	AGREGADO FINO	10.01		Lts		
	AGREGADO GRUESO	46.69		Kg		
		46.14		Kg		
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
	C	1.0				
	A.F	3.20				
	A.G	3.17				
	H2o	29.2				
PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
	C	1.0				
	A.F	3.13				
	A.G	3.60				
	H2o	29.2				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 9: Resultados de la resistencia a compresión a los 28d de edad – 1.3% N.



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Luis Anderson Valenzuela Martínez
TESIS	: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
UBICACIÓN	: Lima
Fecha de emisión: 11/05/2021	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm^2	ESFUERZO kg/cm^2	f_c Diseño kg/cm^2	% f_c
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	18018.0	78.5	229.4	210.0	109.2
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	17968.0	78.5	228.8	210.0	108.9
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7	18211.0	78.5	231.9	210.0	110.4
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	19927.9	78.5	253.7	210.0	120.8
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	19485.0	78.5	248.1	210.0	118.1
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14	19632.0	78.5	250.0	210.0	119.0
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	22358.4	78.5	284.7	210.0	135.6
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	22147.9	78.5	282.0	210.0	134.3
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28	22454.8	78.5	285.9	210.0	136.1

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 10: Resultados de la resistencia a flexión a los 28d de edad – 1.3% N.



(511) 457 2237 / 989 349 903
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima
informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

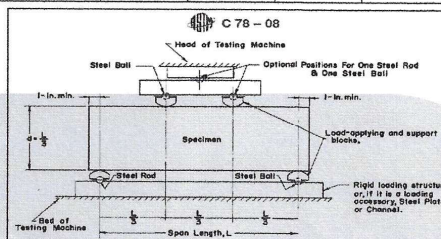
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha	30-04-2020
			Página	1 de 1

TESIS : Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo nanosilice en una mezcla convencional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2021
SOLICITANTE : Luis Anderson Valenzuela Martínez
CÓDIGO DE PROYECTO : — **REALIZADO POR** : P. Tasayco
UBICACIÓN DE PROYECTO : LIMA **REVISADO POR** : D. Coto
FECHA DE EMISIÓN : 25/05/2021 **FECHA DE ENSAYO** : 25/05/2021
TURNOS : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Especímenes prismáticos
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	2	30.0	35 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	2	30.0	35 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	4/05/2021	7 días	2	30.0	35 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	2	30.0	40 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	2	30.0	40 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	11/05/2021	14 días	2	30.0	41 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	2	30.0	45 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	2	30.0	45 kg/cm ²
1.3% Nanosilice	27/04/2021	25/05/2021	28 días	2	30.0	44 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras Proporcionadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 Elmer Moreno Huamani INGENIERO CIVIL C. P. N° 218906	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

FICHA TECNICA

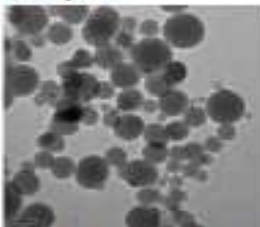
GAIA Nanosilice

Nano aditivo Superplastificante



Ficha Técnica
Edición nº 1 11- 2008
Identificación nº 1.001
Versión - 01
GAIA Nanosilice

Descripción



Fotografía electrónica de nanosilice a 100 nm.

partículas de silice en nano partículas de cemento.

Cumple con todos los requerimientos de la norma ASTM C-494. Tipos A y F.

GAIA Nanosilice es un nano aditivo en estado líquido, a base de silice con partículas de tamaño nanométrico. Gran reductor de agua, de alta actividad. Pertenece a la línea GAIA NANOSILICE, donde las reacciones químicas en el hormigón convierten las nano

Aplicaciones

GAIA Nanosilice por su elevado poder de fluidificación y sumado a la capacidad de favorecer la evolución de resistencias, sobre todo a edades muy tempranas, lo hace ideal para:

- ❖ Industria del hormigón prefabricado, pretensado, armado y pos tensado.
- ❖ Hormigón Fast Track.
- ❖ Hormigón de Altas Prestaciones (AHR).
- ❖ Hormigón ligero de baja densidad.
- ❖ Y todas las aplicaciones tradicionales de microsilice.

Propiedades

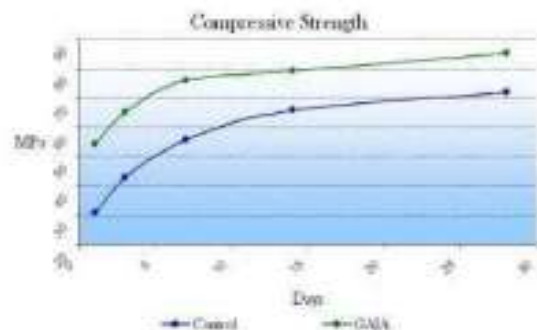
- ❖ Gran poder plastificante y reductor de agua.
- ❖ Incremento del desarrollo de alta resistencia inicial y final.
- ❖ Permeabilidad nula o casi nula por lo que aumenta la durabilidad del hormigón.
- ❖ No produce retrasos de fraguado.
- ❖ Ideal para Hormigón Fast Track.
- ❖ Evita la segregación y la excesiva exudación.
- ❖ Mejora el acabado y la textura de la superficie del hormigón.
- ❖ Evita la formación de coqueas y nidos de grava.



Características Técnicas

Al eliminar el total de la silice en polvo en cualesquiera de sus alternativas y por su alta absorción de agua, nos permite eliminar superplastificantes y reducir al mínimo los reductores plastificantes.

- ❖ No contiene cloruros, ni ningún ingrediente promotor de la corrosión. Es utilizado sin problemas en hormigón armado y pretensado.
- ❖ Ideal para hormigones tipo "Fast Track", a usar dentro de las 24 horas posteriores, con adecuadas dosificaciones.
- ❖ Hormigones de altas prestaciones: 70 MPa R28.
- ❖ Cono de 78 a 50 cm. en 2 horas con R1 de 44 MPa y 80 MPa a R 28.
- ❖ Aumenta en más del 50% la resistencia a la flexotracción.
- ❖ Evita en gran medida las eflorescencias.



Normas

Cumple con los requisitos y especificaciones para superplastificantes de la norma SIA 162 (1989) y EN 942-2.

Método de aplicación

- ❖ **GAIA Nanosilice** se utiliza en dosis del 1 al 3% sobre el peso del cemento. Lo ideal es contactar el servicio técnico ULMEN para optimizar su uso. Vía e-mail es suficiente.
- ❖ **GAIA Nanosilice** debe agregarse una vez tengamos mezclados los áridos con el cemento y después de haber echado el agua correspondiente. Dejar amasar sobre 10 a 12 minutos. **No adicionar el producto sobre la masa seca de cemento y áridos.**
- ❖ **GAIA Nanosilice** puede ser utilizado en conjunto con otros aditivos de Ulmen, por lo que se recomienda realizar ensayos previos con la combinación deseada.
- ❖ En la producción, colocación y curado del hormigón se deben seguir las reglas de buena práctica habitualmente usadas.

Propiedades Físicas y Químicas de GAIA Nanosilice	
Aspecto Físico	Líquido turbio ligeramente viscoso
Color	Cafe claro.
pH, 20° C	5,00 ± 1
Densidad, 20° C	1.030 ± 0.02 gr/ml.
Viscosidad 20° C	13 ± 2 sec. (C. Ford No. 4)
Contenido en cloruros	< 0,01%
Almacenamiento	Puede almacenarse durante 6 meses en su envase original cerrado, en lugar y protegido del sol, a temperaturas entre 5° y 35°.
Presentación	Bidón Plástico de 200 Kgs. Contenedor pallet de 1.000 Kg.
En caso de congelamiento del GAIA Nanosilice puede ser utilizado si se descongela lentamente a temperatura de 20° C y se agita de forma intensa.	

Reducción de costo

A consecuencia de la menor actividad operacional, menor flujo de material con la consiguiente reducción de inventario.

Y ---- es líquido, amigable con el medio ambiente y la salud de los trabajadores, http://ec.europa.eu/employment_social

La sílice en polvo es identificada como UN 1346, clase 4,1, grupo F III <http://www.unece.org/trans/danger>

NOTA: La información y, en particular, las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Ulmen son proporcionadas de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Ulmen. La presente ficha técnica sirve, al igual que todas las demás recomendaciones e información técnica, únicamente para la descripción de las características del producto, forma de empleo y sus aplicaciones. Los datos e informaciones reproducidos, se basan en nuestros conocimientos técnicos obtenidos en la bibliografía, en ensayos de laboratorio y en la práctica. Los datos sobre consumo y dosificación que figuran en esta ficha técnica, se basan en nuestra propia experiencia, por lo que estos son susceptibles de variaciones debido a las diferentes condiciones de las obras. Los consumos y dosificaciones reales, deberán determinarse en la obra, mediante ensayos previos y son responsabilidad del cliente. Para un asesoramiento adicional, nuestro Servicio Técnico, está a su disposición. Industrias ULMEN Europa, S. L. se reserva el derecho de modificar la composición de los productos, siempre y cuando éstos continúen cumpliendo las características descritas en la ficha técnica. Otras aplicaciones del producto que no se ajusten a las indicadas, no serán de nuestra responsabilidad. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de ésta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir garantía alguna respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como responsabilidad alguna que surja de cualquier relación legal. Otorgamos garantía en caso de defectos en la calidad de fabricación de nuestros productos, quedando excluidas las reclamaciones adicionales, siendo de nuestra responsabilidad tan solo la de reintegrar el valor de la mercancía suministrada. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Ficha Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

INDUSTRIAS ULMEN EUROPA, S. L.

Oficinas: Calle Zaragoza, nº 15 - 3º - Puerta 6 (P. O. BOX 504) 12540 Villa-real (CASTELLON) SPAIN

Telf. - +34 964 538 238 - Fax - +34 964 782 261

Fabrica: P.I. El Palmeral, Sector Sur 6, Parc.17, Nave 1 12200 Onda (Castellón) SPAIN

Fuente: Empresa Ulmén

ANEXO 12: Panel fotográfico



Foto #1: Peso del A. fino



Foto #2: Compactación del A. fino



Foto #3: Agregado fino



Foto #4: Tamizado del A. fino



Foto #5: Introducción del A.F al horno



Foto #6: Tamizado del A. grueso



Foto #7: Cuarteo de agregado fino



Foto #8: Diseño de mezcla (patrón)



Foto #9: Slump del concreto patrón



Foto #10: Vaciado de concreto en probetas

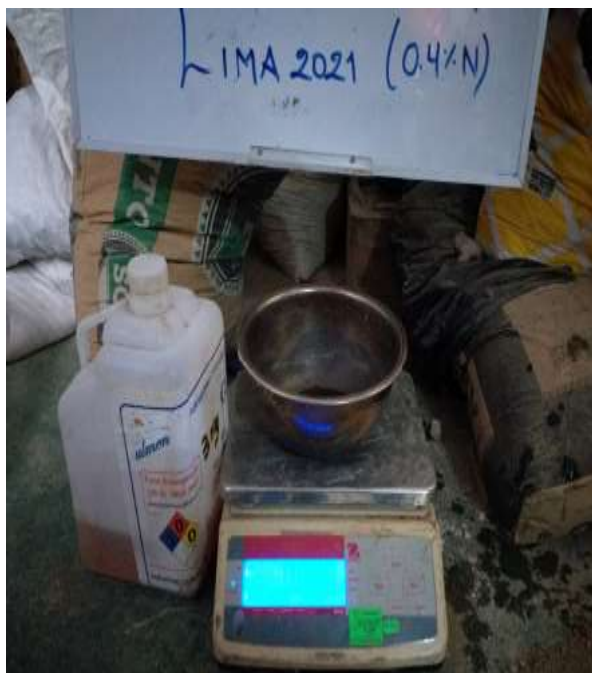


Foto #11: Aditivo (0.4%)



Foto #12: Diseño de mezcla (0.4% N)



Foto #17: Resistencia a compresión (patrón)



Foto #18: Ensayo de R. compresión



Foto #19: Ensayo de R. compresión (0.4%)



Foto #20: Ensayo de R. compresión (1.3%N)



Foto #21: Ensayo de R. flexión (patrón)



Foto #22: Ensayo de R. flexión (0.4%)



Foto #23: Ensayo de R. flexión (0.9%)



Foto #24: Ensayo de R. flexión (1.3%)